

245355 103

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

FENOLOGIA DE ESPECIES HERBACEAS Y ARBUSTIVAS DEL PARQUE ECOLOGICO DE LA CIUDAD DE MEXICO AJUSCO MEDIO D.F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G A

P R E S E N T A :

MARIA MAGDALENA MARTINEZ ROMERO

DIRECTOR DE TESIS: DRA. ANA ELENA MENDOZA OCHOA

MEXICO, D. F.

1997



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS

BIBLIOTECA INSTITUTO DE ECOLOGIA UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS NO DEBE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS NO DEBE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: Fenología de especies herbáceas y arbustivas del Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio D.F.

realizado por Martínez Romero María Magdalena

con número de cuenta 8605494-2 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dra. Ana Elena Mendoza Ochoa

Propietario M. en C. Irene Pisanty Baruch

Propietario Dr. Sebastián Cano Santana

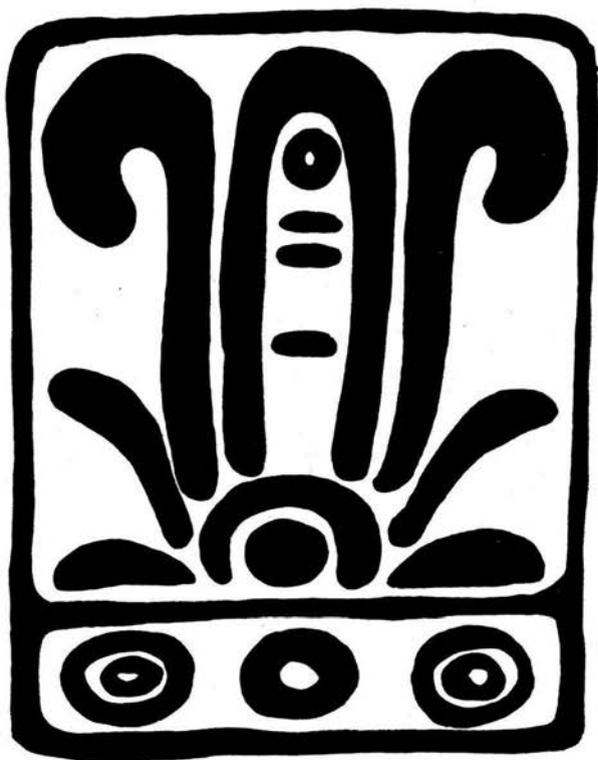
Suplente M. en C. Ariel Rojo Curiel

Suplente M. en C. María del Consuelo Bonfil Sánchez

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

COORDINADOR GENERAL
DE BIOLOGIA



Sólo venimos a dormir, sólo venimos a soñar;

No es verdad, no es verdad que venimos a vivir en la tierra.

En yerba de primavera venimos a convertirnos;

llegan a reverdecer, llegan a abrir sus corolas nuestros corazones,

es una flor nuestro cuerpo: da algunas flores y se seca.

Poema de los pueblos aztecas.

A la memoria de mis abuelos
Celia y Román.

A mi papá por todo el apoyo que me ha
dado en los momentos en los que más lo
he necesitado, por tu amor
incondicional..... gracias papá.

A mi mamá por darme la vida y por
enseñarme a enfrentar esta vida con
valor, por forjar mi
carácter....gracias mamá.

A mis hermanos Abraham y Eduardo por
todos los momentos felices que hemos
pasado juntos.

A Guillermo por su amor, su comprensión
y su compañía. Por tu apoyo...gracias.

A mi ciudad y a mi país.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ana Mendoza Ochóa por la dirección y revisión de este trabajo, por sus sugerencias y sus comentarios, y no sólo por ser mi directora de tesis, sino por ser una verdadera amiga. Gracias Ana por tu comprensión y apoyo.

A la M. en C. Irene Pisanty Baruch por haberme admitido en el proyecto de los ajusqueros, por sus revisiones, sugerencias y comentarios que fueron de mucho valor. Por todo el apoyo que recibí de ella y por sus enseñanzas, no solo académicas sino de la vida misma. Por todo ésto y más gracias Irene.

Al Dr. Zenón Cano por contribuir ampliamente en la elaboración de esta tesis, por sus comentarios, sus sugerencias y por su paciencia. Por contribuir en mi formación y por ser uno de mis mejores maestros en la carrera y un ejemplo a seguir. Gracias Zenón.

A la M.en C. Consuelo Bonfil por su interés en este trabajo, por sus apoyo, por sus valiosos comentarios y opiniones. Gracias Consuelo.

Al M. en C. Ariel Rojo por su apreciable cooperación, por sus acertados consejos y comentarios.

Al Laboratorio Especializado de Ecología por las facilidades otorgadas para el uso de sus instalaciones. A Tere Valverde, Mariana, Pedro Eloy y Eduardo M. R.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por el apoyo económico al proyecto IN209292 para la elaboración de esta tesis.

A mis padres Eduardo y Silvia, a Abraham y Guillermo por su ayuda en el campo.

A los Ajusqueros Eduardo M. R, Pedro Eloy, Andrea, Carmen, Esther, Juan Carlos y Rosalva por todos los momentos gratos vividos en el Ajusco.

A la Facultad de Ciencias por mi educación y formación, por los momentos felices y los tristes, por enseñarme a pensar diferente...a ser diferente.

Al Museo de las Ciencias Universum por todo el apoyo económico brindado y por darme la oportunidad de trabajar y de participar en la aventura de la divulgación de la ciencia. Por ser el punto de encuentro de gente en verdad valiosa.

A mis jefas, a la Biol. Carmen Guerra, por todo su apoyo, comprensión y paciencia gracias Carmen. A la Biol. Ma. de la Paz Salgado, a la Fis. Eleine Reynoso....gracias por todo.

A Hortensia, gracias por tu apoyo en este tortuoso camino de la titulación, por tu amistad, por tu compañía, por tus consejos, por la risa, por el llanto, por ser una de mis mejores amigas. Gracias.

A Elsa Aburto y Olivia por todos estos años de amistad, por crecer y madurar juntas.

A Flor Aíme, Gilberto y Aurora por su amistad y compañía.

A mis amigos del museo: Patricia Enríquez, Leticia M. R., Leticia, Elena, Patricia, Paloma, Yolotzin, José Luis, Luis Angel, Jorge Montaña, Jorge Burgos, Alicia, Sergio Adrián, Jorge, Gerardo, Víctor, Ana X, Silvia, Mariana, Marú, Valente, Rocío.

A mis amigas de la facultad: Janette, Itzia, Claudia y Ana de la Vega. a Victoria (chompi).

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN.	2
1.1 La cuenca de México y su problemática ambiental.	2
1.2 Importancia del Parque Ecológico de la Ciudad de México.	4
1.3 La fenología de las plantas.	6
1.4 Los eventos fenológicos y los factores con los que se relacionan.	7
1.4.1 Factores abióticos exógenos.	8
1.4.2 Factores bióticos endógenos y exógenos.	9
1.5 Factores fenológicos reproductivos en climas estacionales.	11
II. OBJETIVOS.	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	14
3.1 Área de estudio.	14
3.2 Selección de los sitios y Métodos.	18
IV. RESULTADOS.	21
4.1 Descripción general de las especies estudiadas.	21
4.2 Descripción de fenogramas de los sitios.	21
4.2.1 Número de especies con flor y/o fruto en los sitios.	33
4.2.2 Comparación de los sitios respecto a la composición florística y aspectos biológicos.	38
4.2.3 Comparación intraespecífica de los períodos de floración y fructificación.	44
4.3 Patrones fenológicos globales de Parque Ecológico de la Ciudad de México.	51
4.4 Fenología y filogenia.	62
V. DISCUSIÓN.	63
5.1 Patrones de floración.	63
5.1.1 Síndromes de polinización.	65
5.1.2 Formas de crecimiento.	67

5.2 Patrones de fructificación.	67
5.2.1 Síndromes de dispersión.	69
5.2.2 Formas de crecimiento.	70
5.3 Comparación de los diferentes sitios.	71
5.4 Fenología y filogenia.	74
VI. CONCLUSIONES.	75
LITERATURA CITADA.	77
ANEXO	83

RESUMEN

- El presente trabajo se realizó en el Parque Ecológico de la Ciudad de México en el Ajusco Medio D.F.
- Con los datos fenológicos reproductivos registrados en este trabajo se contribuirá al conocimiento de la dinámica estacional de la comunidad, que tras futuras investigaciones conduzcan a la realización de un plan de restauración, de manejo y de conservación del parque.
- Se registraron los periodos de floración y fructificación de 62 especies de herbáceas y arbustivas miembros de 26 familias de julio de 1993 a julio de 1994. Los muestreos se realizaron en diferentes sitios del parque: bosque cerrado, borde de bosque, matorral de *Sedum* y matorral perturbado
- Los periodos de floración y fructificación se relacionaron con las variables ambientales (precipitación, temperatura y fotoperiodo) registradas.
- Se vincularon los periodos de floración con factores biológicos tales como síndromes de polinización, color de flor, forma de crecimiento y relación filogenética. Los periodos de fructificación con los síndromes de dispersión y forma de crecimiento.
- El comportamiento fenológico reproductivo en la mayor parte de las especies fue estacional, sin embargo en ninguna época del año se dejó de registrar por lo menos una o varias especies con flor y/o fruto, a este comportamiento se le denomina de intensidad diferencial.
- El 84% de las especies presentó periodos únicos (cortos y largos) de floración y el 16% presentó periodos de floración continuos (regulares o irregulares).
- En la época de lluvias se registró el mayor número de especies con flor, en cambio, en la época de secas de invierno se registró el menor número.
- Se observó un claro desfase en los periodos de floración de las especies en relación a la forma de crecimiento.
- El síndrome de polinización predominante fue la entomofilia. Las especies entomófilas presentaron una marcada estacionalidad, caso contrario para las especies omitófilas y anemófilas.
- De mediados del verano hasta finales de las secas de invierno se registró una extensa variedad de colores florales coincidiendo con la presencia de una gran diversidad de visitantes florales.
- El grupo de especies de las familias consideradas filogenéticamente primitivas floreció en las secas, el de familias intermedias floreció entre las secas y las primeras lluvias, por último, el de familias avanzadas floreció en la época de lluvias siguiente.
- El 90% de las especies presentaron periodos de fructificación sincrónicos cortos y/o largos. En el 10% los periodos fueron continuos y asincrónicos.
- Se observó el mayor número de especies con fruto en la época de secas de invierno, el menor se registró a principios de las lluvias.
- Se observó el desfase de los periodos de fructificación en relación a la forma de vida.
- El síndrome de dispersión predominante fue la anemocoria.
- Las especies anemócoras fueron claramente más estacionales que las especies zoócoras y las presentaron otros mecanismos de dispersión.
- La mayor parte de las herbáceas perennes y las anuales fueron anemócoras, en cambio entre los arbustos predominaron las especies anemócoras y zoócoras.
- Especies con frutos carnosos (sarcócoras) presentaron periodos de maduración largos, contrariamente, en las especies con frutos secos (pterócoras, esclerócoras, desmócoras, pognócoras, barócoras y balócoras) se registraron periodos cortos.
- En las zonas más maduras o donde el proceso sucesional ha avanzado más (bosque cerrado y borde de bosque 3) los periodos de floración y fructificación fueron cortos y sincrónicos. Predominaron las especies entomófilas y omitófilas. El síndrome de dispersión predominante fue la zooecoria. Las especies arbustivas fueron la forma de crecimiento predominante.
- En zonas menos establecidas (matorral perturbado, matorral de *Sedum*, borde de bosque 2 y borde de bosque 1) los periodos de floración y fructificación fueron largos y sincrónicos, en algunas especies se observaron periodos continuos (regulares o irregulares). Se registraron especies entomófilas, omitófilas y anemófilas, con un claro predominio de las primeras. El síndrome de dispersión predominante fue la anemocoria. Predominaron las especies herbáceas perennes

I. INTRODUCCIÓN

1.1 La Cuenca de México y su problemática ambiental actual.

Entre las montañas del Eje Volcánico Central se encuentra la Cuenca de México que ha sido y es todavía el centro cultural, político, económico y social de la nación mexicana. Es también la sede del mayor complejo urbano del mundo, y uno de los fenómenos de concentración urbana más impresionante de los países del tercer mundo. En los últimos 40 años la situación ambiental de la Cuenca de México se ha deteriorado muy rápidamente. Las cadenas montañosas al sur y al oeste de la cuenca que habían sido poco afectadas por el crecimiento de la población hasta hace unos 15 años, sufren ya las consecuencias del desarrollo urbano explosivo. La Cuenca de México ocupa el 0.03% del territorio; sin embargo es, en este lugar donde habita el 22% del total de la población, constituyendo un problema ambiental, social y político de inmensas proporciones (Ezcurra, 1990).

La Cuenca de México es una unidad hidrológica cerrada de aproximadamente 7000 m², se encuentra rodeada por una sucesión de sierras volcánicas de más de 3000 metros de altitud: El Ajusco hacia el sur, la Sierra Nevada hacia el oriente y la Sierra de las Cruces hacia el poniente. Hacia el norte se encuentra limitada por una sucesión de sierras y cerros de poca elevación: Los Pitos, Tepetzotlán, Patlachique y Santa Catarina (Ezcurra, 1990) (Fig. 1). Es una formación del Terciario tardío de 20 a 70 km de ancho que atraviesa la República Mexicana desde el Pacífico hasta el Atlántico aproximadamente en una dirección este-oeste (Mosser, 1962). Tanto por la cercanía y conexión directa de la cuenca con la fosa del Pacífico, como por la existencia de numerosas fallas a lo largo del Eje Volcánico Transversal, los procesos volcánicos, los temblores de tierra y la inestabilidad tectónica, en general, han sido elementos sobresalientes a lo largo de la historia de la cuenca (Ezcurra, 1990). Así, en la Cuenca de México confluyen dos regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, dos regiones con particulares historias geológicas-biogeográficas, las cuales, junto con la accidentada topografía, originan una vegetación diversa y variada que comprende bosques de oyamel, bosques de pinos, bosques de encinos, matorrales de encinos, chaparrales, pastizales, matorrales xerófilos, vegetación halófila y vegetación acuática (Rzedowski, 1988).

La Cuenca de México ha perdido, desde épocas prehispánicas, más del 70% de sus zonas boscosas y más del 90% de los cuerpos de agua. Se ha pavimentado el 20% de la superficie total, se encuentra erosionado el 50% de los suelos, los acuíferos subterráneos están sobreexplotados y el aire supera las normas de calidad de ozono durante 1500 h. al año (Ezcurra, 1990; Imaz, 1991). Sin embargo, no es sino hasta los años 50's cuando la ciudad se extendió hasta los pedregales y en los 70's prolongándose hasta el pie de monte de la Sierra del Ajusco originando fuertes presiones urbanas que han venido afectando a los bosques del sur

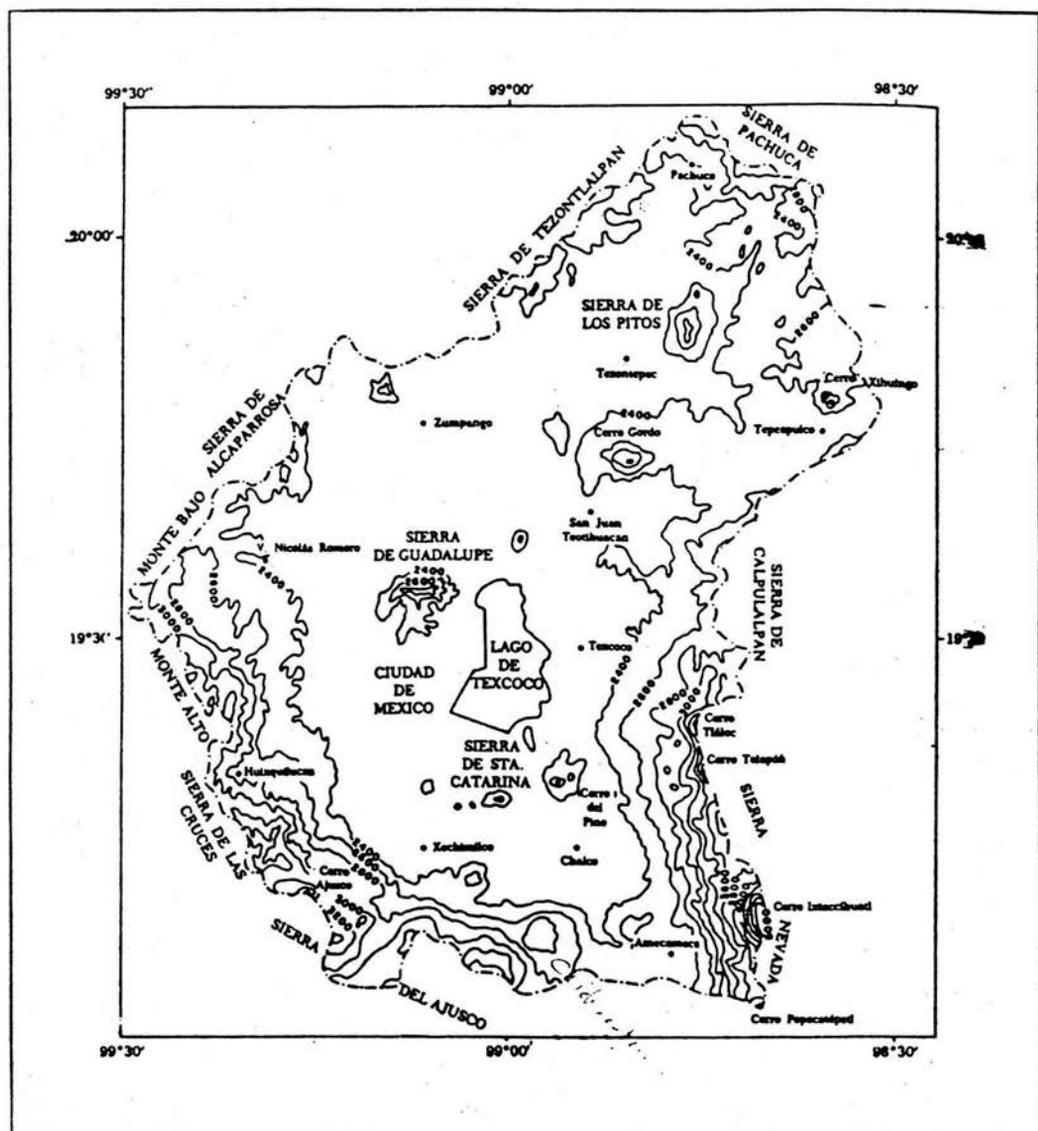


Figura 1. La Cuenca de México y sus alrededores.

de la Ciudad de México (Imaz, 1991; Soberón *et al.*, 1991). Ante esta situación se hace necesario conservar las áreas naturales con que todavía cuenta la Cuenca de México. Conservar la vegetación es de suma importancia debido a la relación que guarda con otros problemas, tales como el control del ciclo hidrológico, la conservación de las especies animales y de las pocas áreas verdes periféricas a la ciudad (Ezcurra, 1990). La presencia de áreas naturales ayuda a reducir el calor que genera la ciudad, a captar el agua de lluvia, a recargar los acuíferos, a reducir la concentración de polvos atmosféricos, además de amortiguar el ruido urbano (Barradas, 1990).

De acuerdo con Gómez-Pompa (1966) y Beltrán (1974) la necesidad de conservar áreas naturales responde a tres propósitos fundamentales:

(a) la conservación de un equilibrio entre las necesidades del hombre y los recursos naturales, lo cual además permita la acumulación de material genético vegetal y animal; (b) la existencia de laboratorios naturales no perturbados donde se puedan realizar investigaciones que ayuden a comprender sus estructura y funcionamiento, así como el efecto que distintos tipos de perturbación podrían tener sobre el mismo; y por último (c) deben satisfacer demandas estéticas y recreativas para el hombre.

1.2 Importancia del Parque Ecológico de la Ciudad de México.

El presente trabajo se realizó en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (P.E.C.M), el cual se encuentra en la zona sur de la cuenca. Esta zona es sumamente importante, ya que es la principal zona de captación de agua de lluvia del manto acuífero, gracias a la composición basáltica y/o andesítica del sustrato y a la presencia de fracturas que hace a los suelos sumamente permeables (Imaz, 1991; Soberón *et al.*, 1991). Asimismo, se registran en este lugar las más altas precipitaciones de la Cuenca de México (Cortez *et al.*, 1989; Soberón *et al.*, 1991; Alvarez, 1992). Es una de las zonas de amortiguamiento de la contaminación atmosférica y además, cuenta con una gran biodiversidad gracias a las pronunciadas pendientes, al clima benigno y a la heterogeneidad del sustrato (Rzedowski, 1954; Imaz, 1991; Soberón *et al.*, 1991 y Herrera-Almeida, 1994).

En 1989 en este lugar se ubicaron asentamientos habitacionales irregulares, conocidos en su conjunto como "Lomas del Seminario", que perturbaron severamente 200 ha de la vegetación original, principalmente los bosque de encino y los matorrales xerófilos (Soberón *et al.*, 1991). Actualmente el P.E.C.M colinda con diversas colonias de reciente creación como La Primavera, Verano, 2 de Octubre, Paraje 38 y Tepeximilpa, las cuales ejercen una presión sobre la zona ya que hay extracción de rocas para construcción, de leña, de cactáceas, de orquídeas, de nopales, de herbáceas, además de que se tira basura clandestinamente, se practica la cacería, el pastoreo y la captura de aves y mamíferos (Cabrera, 1995).

Poco después de la expropiación realizada en 1989, no sólo se planeó la conservación de la zona sino también se planteó la restauración ecológica de la zona perturbada. La restauración ecológica consiste en reponer procesos ecológicos naturales, para lo cual es necesario conocer dichos procesos (Soberón *et al.*, 1991). El marco conceptual en el cual se basa la restauración ecológica es la sucesión, ya que el conocimiento de los procesos sucesionales permitirá plantear diferentes enfoques para llevar a cabo la restauración ecológica (Jordan y Aber, 1987; Barnes, 1989;). El objetivo del proyecto de restauración ecológica fue entonces el acelerar el proceso sucesional para obtener en un plazo mediano una comunidad biológica diversa y semejante a la original. De esta manera, la restauración ecológica se expresará en la disminución del tipo de vegetación indeseado a costa del aumento de la vegetación deseada (Soberón *et al.*, 1991).

Por ello Soberón *et al.* (1991) elaboraron un primer informe en el cual dieron los elementos descriptivos principales para entender los procesos sucesionales de la zona y sugerir las acciones a seguir en el manejo del parque. Se reportaron datos cuantitativos referentes a suelo, estructura de la vegetación y faunística de grupos claves proponiendo, posteriormente el estudio detallado de algunas de las especies importantes para la restauración como *Sedum oxypetalum*, *Buddleia cordata* y *Quercus* sp. (Martínez-Balleste, 1995).

Con estos antecedentes, se planteó la necesidad de realizar el estudio fenológico reproductivo de la comunidad de especies herbáceas y arbustivas del P.E.C.M, ya que la vegetación de herbáceas y arbustivas es dominante en la zona perturbada, existen sólo 10 especies de árboles y entre unas 200 y 300 especies de herbáceas y arbustos. Soberón *et al.*, (1991) plantearon que la restauración se realizaría principalmente en las zonas actualmente ocupadas por herbáceas y arbustos y seguramente la sucesión tendería a una asociación vegetal con una fisonomía abierta donde estas formas de vida seguirán siendo preponderantes, por lo que sería de gran importancia contar con datos cualitativos fenológicos al respecto de estas asociaciones. Este estudio constituye, por lo tanto, un enfoque muy útil que permitirá conocer la dinámica estacional de la comunidad y obtener información básica que lleve a futuras investigaciones para el manejo y la conservación del parque.

Al describir los patrones reproductivos de los especies herbáceas y arbustivas más representativas del parque se identificara la época en que las especies florecen y fructifican, así como si estos eventos dependen de las condiciones climáticas y/o de factores biológicos, identificando a la vez la época propicia para el cultivo o propagación de las especies deseadas o para la colecta de diásporas o semillas y cuándo estas especies constituyen un recurso alimenticio para los diversos animales de la comunidad.

1.3 La fenología de las plantas.

Las observaciones y calendarios fenológicos fueron usados en la agricultura hace cientos de miles de años en China y Roma. El término fenología fue propuesto por el botánico belga Carlos Morren en 1853, pero el "padre" de la fenología vegetal moderna y de los trabajos de observación fenológicos fue el botánico sueco Carlos Linneo. En su *Philosophia Botanica* Linneo (1751) propuso métodos de observación de producción de hojas, presencia de flores, frutos y caída de hojas junto con observaciones climatológicas (Hopp, 1974). El término se deriva del griego *Phaino* que significa mostrar o aparecerse (Rathcke y Lacey, 1985).

En la literatura se encuentran definiciones de diversos autores como Lieth (1974), Levin y Andersen (1983), Ewusie (1984), Carabias y Guevara (1985), Rathcke y Lacy (1985) quienes definen a la fenología como el estudio de las fases o eventos del ciclo de vida de los organismos y su relación con la ocurrencia de fenómenos bióticos y abióticos.

También Ewusie (1980) plantea que la fenología estudia la periodicidad de los eventos en un ciclo anual, es decir, la manifestación de fenómenos periódicos en ciertos tiempos en un calendario anual. Así, el International Biological Program-Phenology Committee (1986) define a la fenología como el estudio de la duración y temporalidad de las fases del ciclo de vida de las especies componentes de las agrupaciones vegetales, contribuyendo al entendimiento de los cambios en estructura y composición que se observan en los distintos sitios y a través del tiempo (Rathcke y Lacey, 1985).

Los principales eventos periódicos del ciclo de vida o fenofases son la formación, permanencia y caída de hojas, la floración, la fructificación y la dispersión de frutos y/o semillas. Una serie de fenofases relacionadas con un calendario da lugar a un fenograma, de esta forma, la sincronía o asincronía de los periodos de foliación, floración, fructificación o dispersión de las poblaciones o comunidades podrán ser relacionadas con las variaciones estacionales del año.

Los fenogramas expresan la secuencia de procesos o fenofases y pueden considerarse como la manifestación de la estrategia en la especie o población para sucederse temporalmente, ayudando a definir el nicho de la especie en este aspecto (Grubb, 1977). La fenología busca explicar el ritmo de estos eventos deduciendo las causas de éste según las fuerzas bióticas, abióticas, genéticas y evolutivas (Rathcke y Lacey, 1985).

Así, el objetivo de la fenología es encontrar los patrones de estos eventos ahondando en el conocimiento de las adaptaciones y funcionalidad de las especies en un ambiente específico y en función de ello, su historia anterior y su desarrollo futuro (Frankie *et al.*, 1974). Así también, nos da información acerca de la periodicidad de las diversas fenofases de las especies, como resultado de las características genéticas

intrínsecas de las poblaciones bajo la influencia de una combinación particular de factores ambientales (Ewusie, 1980).

El estudio de la periodicidad de los eventos relacionados con la reproducción en las especies tiene gran importancia para entender la adaptación de las plantas a su ambiente (Carabias y Guevara, 1985). El estudio de la fenología también permite explicar algunos elementos de las relaciones entre las plantas y los herbívoros, frugívoros, dispersores y polinizadores (Mosquin, 1971; Toledo, 1975; van Dorp, 1985). Al estudiar y relacionar los patrones fenológicos se podrán encontrar las posibles fuerzas ecológicas y evolutivas que podrían dirigir la evolución de todos los eventos del ciclo de vida (Ratchke y Lacey, 1985).

El estudio de la fenología abarca desde el nivel de individuos al de poblaciones y comunidades (Ratchke y Lacey, 1985). Las observaciones fenológicas constituyen uno de los enfoques más útiles para conocer la dinámica de las comunidades y así acercarse al entendimiento de los factores que influyen en los ritmos biológicos (Meave *et al.*, 1994). Su estudio proporciona información básica acerca de la comunidad y sus principales componentes, así como de su desarrollo futuro. Las formas de comportamiento comunes o coincidentes en determinadas partes o fases del ciclo de vida permiten la identificación de propiedades colectivas o emergentes de la comunidad o ecosistema (Castillo y Carabias, 1982).

Lieth (1973) reconoce dos enfoques para realizar estudios en esta disciplina, uno cualitativo o descriptivo y el otro cuantitativo, también llamado fenometría, en el cual se analiza cuantitativamente los ciclos de vida de un organismo o ciertas fases específicas y su correlación estadística con fenómenos medioambientales. En México los estudios fenológicos, en su mayoría, sólo han abarcado al enfoque descriptivo, no obstante proporcionan los antecedentes necesarios para poder pasar a un nivel cuantitativo (Arriaga, 1991).

1.4 Los eventos fenológicos y los factores con los que se relacionan.

El proceder adaptativo de las plantas se relaciona con cambios tanto en el ambiente abiótico (la temperatura, la humedad y la cantidad de nutrimentos en el suelo), como en el ambiente biótico interno y/o externo (el reloj biológico, la forma de vida, la edad, la herbivoría, la depredación y la polinización) (Janzen, 1967; Smythe, 1970; Carabias y Guevara, 1985; van Dorp, 1985). Los eventos fenológicos están determinados por dos componentes, uno exógeno y otro endógeno. El exógeno se refiere a las relaciones del individuo con su entorno o medio externo, por lo que hay factores exógenos bióticos como los polinizadores, los herbívoros y los depredadores en tanto que los factores exógenos abióticos son el agua, la luz, la temperatura, el tipo de suelo, la topografía, la cantidad de nutrientes en el suelo, la altitud, la latitud y el viento

(Lang, 1965; Vasek y Saver, 1971; Daubenmire, 1972; Lieth, 1974; Evans, 1975; Monasterio y Sarmiento, 1976; Opler *et al.*, 1976; Alvim y Alvim, 1978; Reader, 1982).

Los factores endógenos se refieren a la relación de las propiedades intrínsecas del individuo con su medio interno, como serían el estrés hídrico, las hormonas, el reloj biológico, la longevidad, la morfología, la forma de vida, la biomasa y el sistema de reproducción (Levin, 1975; Bullock y Bawa, 1982 y Borchert, 1984). Así, la relación existente entre los factores exógenos y endógenos determinarán los patrones de crecimiento y reproducción de las especies (Borcher, 1975).

1.4.1 Factores abióticos exógenos. La mayor parte de los factores abióticos presentan regularidad en su variación, lo que nos permite distinguir períodos tales como la época de lluvia, la de secas, o temporadas de temperaturas altas o bajas, etc. La mayoría de las especies se encuentran ajustadas a estos ciclos (Gill y Tomlinson, 1971; Borchert, 1983; Carabias y Guevara, 1985). El fotoperíodo, la temperatura y la humedad son los factores más importantes que actúan sobre la floración (Lang, 1965; Evans, 1975)

El fotoperíodo es la duración del día o la cantidad de horas-luz del día. Krebs (1994) lo define como la relación que existe entre la cantidad de horas-luz en un período de tiempo y las respuestas fisiológicas de las plantas. El fotoperíodo es el factor externo que propicia la floración, pues es el mecanismo disparador de la floración para algunas especies de hierbas, arbustos y también de árboles (Njuku, 1963; Lang, 1965; Jackson, 1966; Evans, 1975; Halle *et al.*, 1978). En los climas tropicales la extensión del día no varía mucho, en cambio en los climas templados el día es largo y la noche corta en el verano, mientras que en invierno el día es corto y la noche es larga. Por ello, en los climas templados la floración responde a la extensión del día (Ewusie, 1980).

Lieth (1974) y Roder (1982) reportaron que la temperatura es el principal factor externo que inicia la floración en las plantas leñosas de zonas templadas. Vasek y Saver (1971) sugirieron que la temperatura es también el factor que dispara la floración en las plantas herbáceas perennes. De acuerdo con Borthwick y Hendricks (1960) los cambios en la temperatura determinan el crecimiento y la reproducción de las plantas.

La precipitación y la disponibilidad de agua es el principal factor de floración en comunidades tropicales (Opler *et al.*, 1976; Alvim y Alvim, 1978). Borchert (1983) al estudiar seis especies de árboles tropicales, encontró que la periodicidad de la floración se debe a los cambios estacionales en la cantidad de agua. Frankie *et al.*, (1974) encontraron que en la selva baja caducifolia la mayor parte de los árboles florecieron al final de la época de secas y al principio de la época de lluvias, siendo mayor el número de especies que florecieron en secas. Estos autores también observaron un pico de producción de frutos al final

de las secas, el número de especies con fruto disminuyó cuando principiaron las lluvias, en esta época la producción de frutos fue baja pero constante.

En las zonas neotropicales muchas hierbas y arbustos florecen en la estación de lluvias (Ratcke y Lacey, 1985). Opler *et al.* (1980) encontraron un patrón estacional en la floración de las especies arbustivas de la selva baja caducifolia en Costa Rica, un pico de floración al inicio de las lluvias para los arbustos del bosque de colina y al final de las lluvias para los arbustos ribereños. En la selva baja caducifolia en Chámela, Jalisco, hay un máximo de floración al final de las secas y al inicio de las lluvias (Bullock y Solís-Magallanes, 1990).

Carabias y Guevara (1985) proponen que los períodos de floración y fructificación de las especies de una selva tropical húmeda y de una comunidad derivada de ésta en los Tuxtlas, Veracruz, deben estar relacionados con un efecto acumulativo de factores tales como alternancia de períodos de secas y lluvias y temperaturas altas y bajas. Los factores abióticos están correlacionados con el tiempo de floración y fructificación. Smith-Ramírez y Armesto (1994) por su parte encontraron que en una selva templada en Chiloe, Chile, las temperaturas medias mensuales se correlacionan estrecha y positivamente con el número de especies en flor o en fruto. La floración, en cambio, tuvo una correlación negativa con el promedio de humedad del aire y el total de la precipitación.

1.4.2 Factores bióticos exógenos y endógenos. Para Smith-Ramírez y Armesto (1994), además de los factores abióticos exógenos que influyen en los patrones fenológicos de las plantas, el comportamiento fenológico puede ser modelado por procesos ecológicos y/o atributos de la planta al mismo tiempo. Estos incluyen la competencia por polinizadores (Waser, 1978) o por dispersores de semillas (Snow, 1966), la selección interespecífica de polen (Rathcke y Lacey, 1985), el sistema reproductivo de la planta (Bawa, 1983), la depredación de flores y/o frutos (Gautier-Hion, 1991), las relaciones filogenéticas (Hilty 1980; Kochmer y Handel, 1986), la forma de vida (Frankie *et al.*, 1974; Lieberman, 1982) y el tamaño del fruto (Primack, 1987).

Los factores abióticos podrían limitar la estación de floración afectando directamente la habilidad de producir flores, pero también afectando indirectamente a los vectores del polen. Así, los polinizadores podrían actuar como una fuerza selectiva en el establecimiento de los tiempos de floración de las especies que polinizan (Rathcke y Lacy, 1985). La manera en que el polen es transportado de la estructura floral masculina a la femenina forma parte integral de los sistemas reproductivos y se refleja en los síndromes de polinización de las flores (Proctor y Yeo, 1973). La polinización es un factor estrechamente relacionado con la floración, la

secuencia de la floración implica una cantidad más o menos constante de alimento para los polinizadores o la época más propicia para liberar el polen (Frankie *et al.*, 1974; Rathcke y Lacey, 1985).

Varios estudios muestran que hay una correlación estacional entre las poblaciones de polinizadores y la floración (Mosquin, 1971; Tepec-Stanton, 1981). Ford (1979), Rabinowitz *et al.* (1981), Feinsinger (1983) y Pike (1983) han sugerido que la presencia estacional de polinizadores es probablemente un efecto de la floración, ya que muchas especies de polinizadores son altamente oportunistas y disponen localmente de áreas de abundantes recursos florales. Sin embargo, se han encontrado algunas excepciones en estudios donde se reporta que la presencia de polinizadores es independiente del tiempo de floración (Rathcke y Lacey, 1985). Gentry (1983) observó que en las especies que utilizan el mismo polinizador, los períodos de floración pueden alternarse, haciendo uso del polinizador en diferentes tiempos y evitando así la competencia. Smythe (1970) por su parte sugirió que la competencia por el dispersor puede ser un factor relevante que provoca el desfaseamiento en los períodos de fructificación.

Las variaciones de frecuencia, intensidad, duración y sincronía de las diferentes fenofases están bajo presiones bióticas, así la floración y la fructificación podrían estar bajo la presión de competencia por dispersores y polinizadores (Janzen, 1967). Por ejemplo, Smith-Ramírez y Armesto (1994) en Chiloe, encontraron que la fenología reproductiva estuvo correlacionada con las variables climáticas estacionales, aunque las variables ecológicas fueron necesariamente consideradas, ya que la duración de la floración y fructificación tuvieron una marcada correlación con variables ecológicas tales como la polinización y la dispersión, de manera que las interacciones bióticas pudieron tener influencia en los patrones reproductivos de las plantas en este bosque templado.

Sin embargo, explicar la fenología sólo en función de las interacciones interespecíficas no siempre es posible. Los procesos coevolutivos están combinados con características intrínsecas de las especies como forma de vida, sistemas de reproducción, longevidad y biomasa dando lugar a un complejo de respuestas que se expresan desde el nivel de las partes de una planta, individuos o grupos, hasta comunidades (Carabias y Guevara, 1985). Baker y Baker (1936) probaron la existencia de una relación estrecha entre el reloj interno y el medio externo, donde este último pone a tiempo al reloj. Estos autores sugirieron que la intensidad y duración de cualquier fenofase está relacionada con cambios funcionales internos los que, a la vez, dependen del ambiente externo.

Gill y Tomlinson (1971) sugirieron que la intensidad estacional de la floración está influenciada en parte por el clima y mediada por el balance nutricional interno. Así, la edad fisiológica, el reloj interno, la plasticidad ante el medio, las variaciones fenotípicas, las diferentes fases del ciclo de vida, las formas de vida y la dinámica poblacional, pueden ser determinantes en la respuesta fenológica (Rojo, 1987). Así por ejemplo,

Waddington (1983) y Waser (1983) realizaron análisis colorímetros intensivos para evaluar la relación de los colores florales con la atracción de los insectos. La fenología floral es una herramienta importante en este tipo de estudios, ya que el color de las flores, muchas veces cambia a través del ciclo de vida, es decir, el color cambia con la edad de la flor. Esto tiene implicaciones no sólo para la polinización, sino también para la relación que guardan los animales que obtienen recursos de éstas influyendo así en el patrón fenológico reproductivo (Kevan, 1978; Waser, 1983),

Carabias y Guevara (1985), por su parte, encontraron que la longevidad y la biomasa de las plantas influye en su comportamiento fenológico. Las plantas anuales con poca cobertura y biomasa responden rápidamente a cambios ambientales, mientras que las plantas perennes, con mayor cantidad de biomasa, responden a mediano plazo. Los factores bióticos y abióticos, en conjunto, moldearán el comportamiento y las respuestas de las especies. Los factores bióticos favorecen la convergencia en la forma de vida, en cambio, los factores abióticos favorecen la divergencia (Cody, 1985).

1.5 Patrones fenológicos reproductivos en climas estacionales.

La floración y la fructificación son procesos de un mismo fenómeno: la reproducción. El aspecto reproductivo es de especial importancia en el proceso evolutivo; los patrones reproductivos presentan gran diversidad de estrategias ya que de esto dependerá su abundancia y distribución (Rojo, 1987). Los patrones reproductivos de las plantas tienen un gran impacto en la estructura temporal de la comunidad (Smythe, 1970; Stiles, 1977; Bawa, 1983; Herrera 1986). Así, la actividad de los polinizadores y depredadores de flores y frutos, la dispersión de semillas así como el tiempo de germinación de éstas, y los períodos de reproducción de muchos animales dependen directa o indirectamente de la producción estacional de flores y frutos de la comunidad. Son numerosas las restricciones ecológicas y climáticas que influyen en la iniciación, duración, frecuencia e intensidad de la floración y fructificación en las comunidades de plantas (Smith-Ramírez y Armesto, 1994).

En climas templados las estaciones están bien marcadas en términos de temperatura, precipitación y duración del día. La mayoría de las plantas reacciona en forma diferente en respuesta a estos cambios (Ewusie, 1980). En ambientes muy extremos (zonas áridas o frías) las causas principales del comportamiento fenológico son las condiciones físicas (Davies, 1976). Sin embargo, en ambientes más cálidos y húmedos se encuentra una fuerte correlación entre polinizadores y dispersores con los eventos fenológicos (Carabias y Guevara, 1985). En zonas de climas templados la actividad fenológica de las plantas está sincronizada, es decir, se presenta para la mayoría de las plantas en la misma época del año. Así la apariencia o el aspecto de la comunidad en diferentes estaciones del año no es igual (Carabias y Guevara,

1985). Janzen (1967), Opler *et al.* (1980), Kopter (1983) y Putz y Windsor (1987) encontraron que en las selvas tropicales secas estacionales la floración ocurre en la estación seca, o en el intervalo entre periodos secos y húmedos.

Rivero (1991) reportó para un bosque andino en Osorno, al SE de Chile, diferencias en el grado de estacionalidad entre dos comunidades. En un bosque lluvioso templado de la costa la floración es menos estacional que en el andino templado y en la foresta esclerófila. Opler *et al.* (1984) observaron que muchas especies en una selva baja caducifolia en Costa Rica presentaron periodos de floración simples que fueron sincrónicos con el resto de la población de cada especie. Smith-Ramírez y Armesto (1994) encontraron en un bosque templado en Chiloe patrones anuales simples en la floración y fructificación de la comunidad. Algunas especies produjeron flores y/o frutos todo el año pero la floración se concentró en la primavera y en el verano, de ahí el carácter sincrónico de la comunidad. Opler *et al.* (1984) y Kopter *et al.* (1988) reportaron que los periodos de fructificación de las especies estudiadas tuvieron una distribución menos estacional en comparación con la reportada para la floración. Rivero (1991) obtuvo resultados similares en un bosque lluvioso andino con clima estacional templado, en donde la fructificación fue menos sincrónica que la floración.

II. OBJETIVOS

El estudio fenológico de las especies herbáceas y arbustivas en "Lomas del Seminario" constituye un enfoque muy útil que permitirá conocer la dinámica estacional de la comunidad.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- (a) Determinar la época de floración y de fructificación de cada especie.
- (b) Describir la correlación de los patrones fenológicos reproductivos de las especies con los factores abióticos, tales como precipitación, temperatura y fotoperíodo.
- (c) Describir la correlación de los patrones fenológicos reproductivos de las especies con el síndrome de polinización, el síndrome de dispersión, el color de la flor y la forma de vida.
- (d) Describir los patrones fenológicos observados entre la época de floración de los grupos de especies filogenéticamente cercanos.

Las hipótesis involucradas en este trabajo fueron las siguientes:

- Los patrones fenológicos observados serán sincrónicos y estacionales debido al clima templado de la zona.
- La mayor parte de las especies florecerá en la época de mayores recursos.
- La floración de las plantas será estacional en relación con la presencia de los agentes polinizadores.
- El color de flor predominante en el paisaje variará dependiendo de la época del año.
- La dispersión de las diásporas se dará en la época más propicia dependiendo de las características morfológicas que presenten para dispersarse.
- Los períodos de floración de las especies arbustivas se presentarán después que hayan florecido las herbáceas. Se espera el mismo patrón para la fructificación

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio.

El área de estudio se ubica al sur de la zona urbana de la Delegación Tlalpan (Fig. 2), en lo que se denomina parte media de la Serranía del Ajusco, en la cual, se expropiaron 727 ha, el 28 de Junio de 1989, por decreto presidencial, creándose así el Parque Ecológico de la Ciudad de México (P.E.C.M). EL P.E.C.M forma parte del sistema de áreas naturales protegidas, clasificada como zona sujeta a conservación ecológica (Gaceta Oficial, 1989).

El P.E.C.M se encuentra entre las cotas altitudinales de 2400 a 2900 m sobre el nivel del mar, y se ubica entre los 19°14' y 19°18' N y 99°15' y 99°10' W (Soberón *et al.*, 1991; Cabrera, 1995; Martínez-Balleste, 1995). La zona tiene un origen volcánico y en ella se encuentran dos formaciones: la del Chichimautzin, del Pleistoceno-Holoceno (Vázquez y Jaimes, 1989), que en el parque corresponde a las actividades de los volcanes Xitle, Xicontle y Cuazontle (Enciso de la Vega, 1979; Lugo-Hubp, 1984) que formaron una gruesa capa de lava que cubrió 80 kilómetros cuadrados al SW del D.F. hace unos 2500 millones de años (Enciso de la Vega, 1979) y la de las Cruces, originaria del Plioceno (Vázquez y Jaimes, 1989). Esta es la unidad más antigua, con una edad aproximada de 8 millones de años (Schmitter, 1994). Las erupciones del Xitle y conos adyacentes (formación Chichimautzin) cubrieron de tobas en forma digitada a la formación anterior que ya contaba con suelo bien desarrollado, dando origen a un patrón sumamente heterogéneo de substratos para la vegetación (Soberón *et al.*, 1991).

La zona se encuentra localizada en la región intertropical del globo terrestre, pero debido a su altitud, el clima no es tan cálido. Hay variaciones locales de altitud y relieve, dando como resultado dos zonas climatológicas, una templada con verano caluroso y con temporada larga de lluvias y la otra con verano frío y temporada corta de lluvias (Equihua y Benítez, 1989). El lugar de estudio pertenece a la primera mencionada, en donde el clima de acuerdo a García (1981) es Cb(w2)(w)ig, templado semifrío, el más húmedo de los subhúmedos y con lluvias en verano. La precipitación anual es de 1000 mm. La temperatura anual promedio es de 18° C, la época más calurosa se presenta durante los meses de marzo a mayo (Alvarez, 1992). Como se observa en la Fig.3, la zona se caracteriza por tener una estacionalidad térmica poco marcada, las mayores temperaturas se registraron en los meses de marzo, abril y mayo. Las temperaturas mínimas se registraron en los meses de noviembre a febrero. El patrón de precipitación, en cambio, presentó notables contrastes. A partir del mes de abril se registraron niveles de precipitación moderados hasta llegar a los meses de junio a septiembre cuando se registran las mayores precipitaciones. En el mes de octubre los niveles de precipitación descendieron marcadamente y de noviembre a marzo el nivel de precipitación permaneció

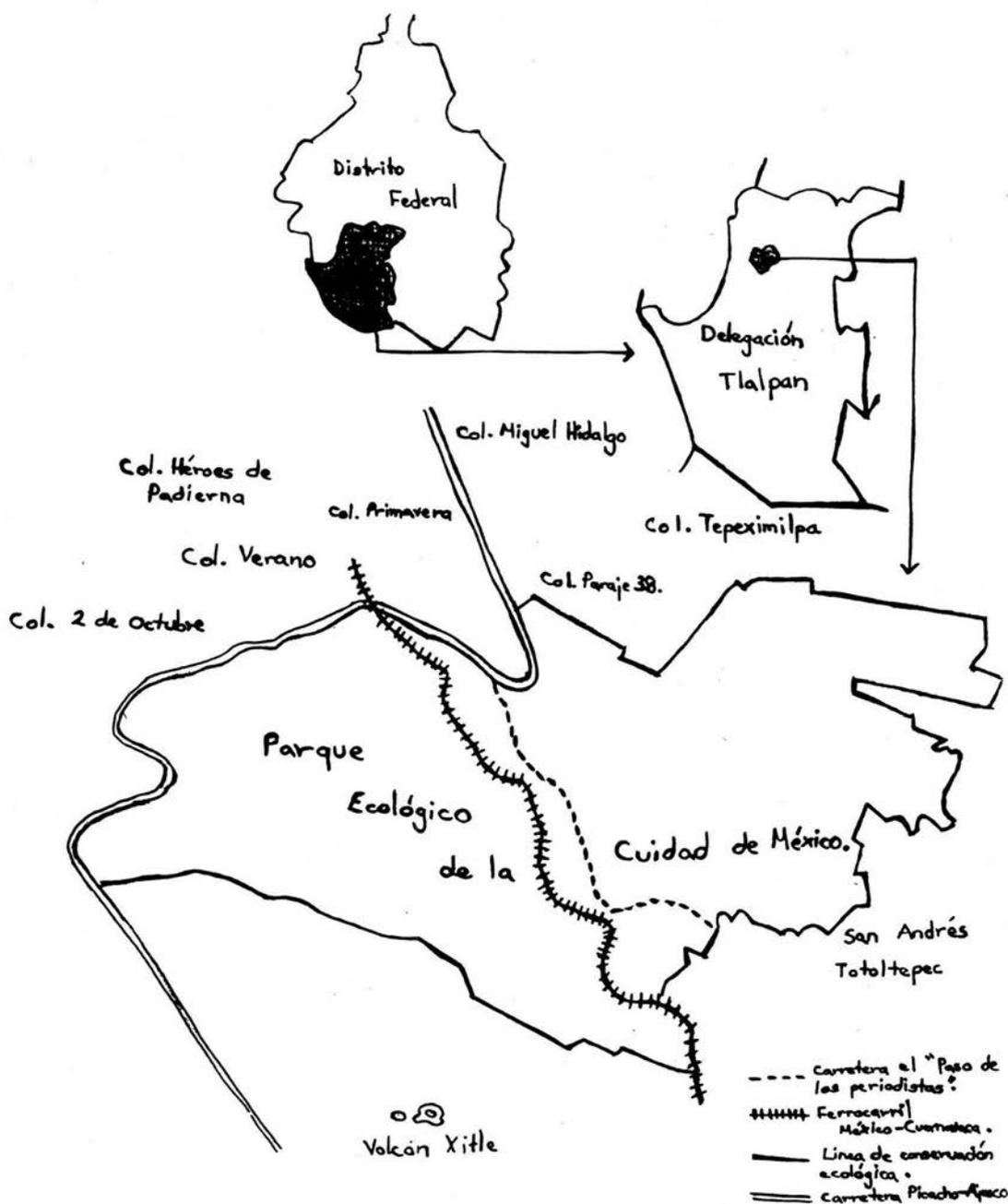


Figura 2. Localización del área de estudio. (tomado de Martínez-Balleste 1995).

muy bajo. Estos patrones de precipitación y temperatura son parecidos a los descritos para el Pedregal de San Ángel (Meave *et al.*, 1992).

Clima de la zona del Ajusco Medio, Lomas del Seminario.

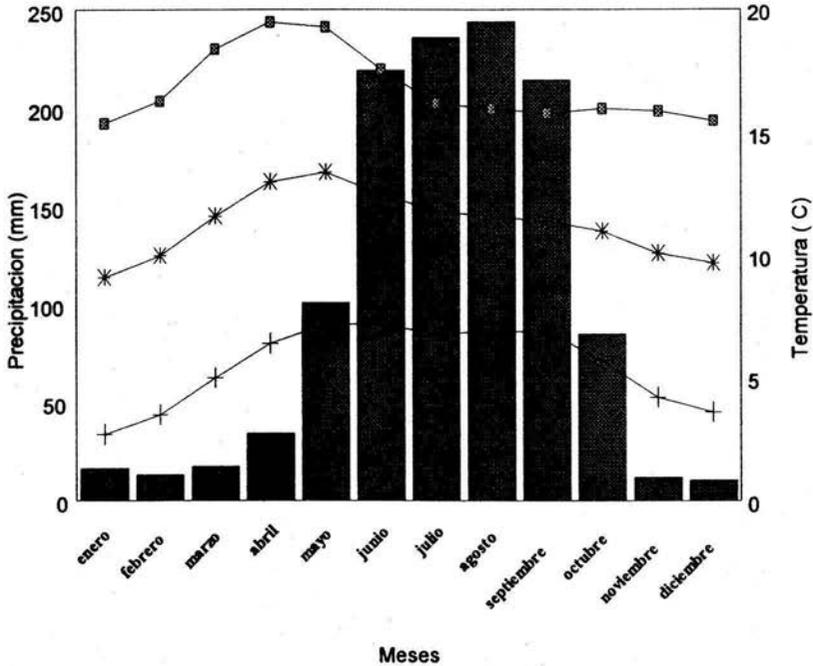


Figura 3. Climograma de la zona de estudio. Datos obtenidos en la estación Ajusco por un periodo de 24 años. Datos tomados de Alvarez (1992). Se presenta la precipitación anual (barras), la temperatura promedio mínima (+), la media (*) y la máxima (). ■

La combinación de estos patrones permiten dividir el régimen climático en tres épocas para la descripción de los patrones fenológicos. De manera similar dividimos el patrón climático para el presente estudio de la siguiente forma:

(a) **Época de lluvias:** de mayo a octubre, donde las temperaturas son altas al igual que los niveles de precipitación.

(b) **Época de secas de invierno:** de noviembre a febrero, la cual se caracteriza por tener niveles de precipitación bajos y es cuando se registran las temperaturas mínimas.

(c) **Época de secas de primavera:** marzo y abril, en la cual se presentan temperaturas altas y bajos niveles de precipitación.

El suelo está compuesto por litosoles (29.73%) que es un sustrato derivado de cenizas volcánicas y rico en materia orgánica, por andosoles (57.66%) siendo un sustrato muy somero de poca evolución y por regiones de feozems (12.61%) con alto contenido en materia orgánica sólo en las primeras capas, registrándose en general, suelos con bajos contenidos de materia orgánica y con pH ligeramente ácido (Soberón *et al.*, 1991). La profundidad de los suelos es muy variable, los hay desde someros, en los que la roca madre puede aflorar, hasta muy profundos y ricos en materia orgánica producto de un lento y largo proceso de desarrollo que puede tomar varios miles de años (Equihua y Benítez, 1989).

Varios tipos de vegetación caracterizan a la zona y conforman su paisaje: bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino y matorrales xerófilos. Soberón *et al.* (1991) distinguieron en "Lomas del Seminario" dos tipos de vegetación en una zona de 70 ha: el bosque de encino y el matorral xerófilo.

En el bosque de encino de acuerdo con el grado de desarrollo del suelo y la antigüedad del sustrato volcánico se definen dos zonas:

(a) **Bosque cerrado:** es un bosque de encinos compacto, en donde a distancia es imposible delimitar árboles individuales. Ocupa una superficie discontinua de unas 10 ha. Se encuentra establecido sobre suelos bien formados. Las cañadas dentro del bosque denso son particularmente interesantes debido a la humedad que se concentra en ellas, especialmente durante la época de secas. Se caracteriza por la presencia de *Quercus rugosa* y *Quercus laurina* además de *Salvia elegans*, *S. amarissima*, *S. Microphylla*, *Brickellia pendula*, *Senecio barba-johannis*, *S. angulifolius*, *Salix paradoxa*, *Buddleia parviflora*, *B. cordata*, *Prunus domestica* y *P. persica* (Soberón *et al.*, 1991; González, 1996).

(b) **Borde de bosque:** es la transición entre el bosque denso y los matorrales. Los encinos individuales pueden distinguirse fácilmente a distancia. Se establece en las partes con suelos volcánicos superficiales con algún grado de desarrollo y a su alrededor crece el matorral perturbado. Ocupa unas 10.4 ha. Domina *Q. rugosa* (Soberón *et al.* 1991) y se encuentran abundantes arbustos como *Salvia mexicana*, *Secum oxypetalum*, *Verbesina virgata*, *Bacharis conferta*, *Agave ferox*, *Senecio barba-johannis*, *S. angulifolius*, *Eupatorium petiolare*, *E. pinocephalum* y hierbas como *Penstemon roseus*, *Dahlia merckii*, *Salvia mexicana* y *Begonia gracilis* entre otras (Martínez-Balleste, 1995; González, 1996).

En el matorral xerófilo, por su parte dependiendo del grado de perturbación se aprecian dos zonas:

(a) *Matorral de Sedum*: es la vegetación que cubría originalmente la zona perturbada. Es un matorral muy denso incluso en época de secas. Ocupa el 1.9% de superficie de la zona. *Sedum oxypetalum* es la especie dominante, pero también se encuentran *Senecio praecox*, *D. coccinea*, *D. rudis*, *D. merckii*, *Tagetes lunulata*, *T. micratha*, *E. picnocephalum* y *Agave ferox*.

(b) *Matorral perturbado*: es la vegetación más común, es una vegetación baja y poco densa que carece totalmente de encinos, ocupa una extensión de 41.6% de la reserva. En la época de lluvias esta cubierta principalmente por flores de plantas ruderales de la familia de las compuestas. Se desarrolla sobre las partes menos expuestas (grietas, hoyos, zanjas y cañadas) de la parte de tobas volcánicas. Es la vegetación secundaria asociada con la perturbación del matorral de *Sedum*. En esta zona son abundantes *Eupatorium arsenei*, *Buddelia cordata*, *Dodonea viscosa*, *Senecio praecox*, *Loeselia mexicana*, *Salvia mexicana*, *Piqueria trinervia*, *Sedum oxypetalum*, *Agave salmiana*, *A. ferox*, *Opuntia tomentosa*, *O. rzedowskii* y *Manfreda pringlei* entre otras (Soberón *et al.* 1991; González, 1996).

Soberón *et al.* (1991) reportaron que hay diferencias significativas en la composición de la vegetación de herbáceas en las cuatro zonas antes mencionadas. El bosque de *Quercus* es la vegetación más madura de la zona, siendo la comunidad a la que tienden los procesos sucesionales de la zona.

3.2 Selección de los sitios y Métodos.

Se ubicaron seis sitios de muestreo, con lo cual procuramos tener el mayor número de especies características en el matorral de *Sedum*, matorral perturbado, bosque cerrado y borde de bosque. Se seleccionó un tamaño del cuadro de 5 m el cual es suficiente para muestrear herbáceas y arbustivas (Matleucci y Colma, 1982). En el matorral de *Sedum* (2690 m.s.n.m.), en el bosque cerrado (2700 m.s.n.m) y en el matorral perturbado (2650 m.s.n.m.) se establecieron dos cuadros (dos repeticiones). Para el matorral de *Sedum* y el bosque cerrado se decidió establecer estos cuadros en sitios conservados, pero a la vez accesibles, siendo la distancia entre los cuadros de cada sitio de 10 m. Para el matorral perturbado los cuadros se ubicaron a 5 m de la orilla del camino de terracería, la distancia entre los cuadros de este sitio fue de 20 m. En el borde de bosque se notaron diferencias en la composición de la vegetación con respecto a la altitud, así que en este caso se establecieron altitudinalmente tres subsitios: el borde de bosque 1 (2650 m.s.n.m.), el borde de bosque 2 (2655 m.s.n.m.) establecido a 50 m del primero y el borde de bosque 3 (2670 m.s.n.m) que se ubicó al final de la vereda donde empieza el bosque cerrado.

Una vez establecidos los cuadros se marcaron con un número progresivo todas las especies de herbáceas y arbustivas que presentaban flor o fruto y que se encontraban dentro del área en ese momento

y de las que se fueron presentando durante el año de observación que comprendió el estudio. Se realizaron un total de 26 muestreos en total con una periodicidad de cada 15 días, en el periodo que comprendió de julio de 1993 a julio de 1994. En cada muestreo se registró en cada una de las especies encontradas la presencia-ausencia de estructuras fenológicas reproductivas como flores y frutos maduros.

En cada registro se colectaron flores y frutos o diásporas de las especies observadas. Estas colectas se realizaron en individuos de las mismas especies estudiadas que se encontraban en la vecindad de los cuadros. Este material se utilizó para elaborar un herbario y una colección de diásporas. La colecta y el montaje de los ejemplares se realizó de acuerdo con el método descrito por German (1986).

Adicionalmente, se tomaron fotos de los especies con flores y/o frutos que se encontraban dentro los cuadros. Las fotos de acercamientos de las flores y frutos de los individuos se tomaron con una lente macro. También se tomaron fotos de los cambios en el paisaje que se presentaron a lo largo del año de estudio en los diferentes sitios antes mencionados.

La identificación de los ejemplares colectados se realizó de acuerdo con lo descrito por Rzedowski y Rzedowski (1979), Equihua y Benítez (1989), Sánchez-Sánchez (1984) y Pulido y Koch (1992).

Con el objeto de encontrar la relación entre los factores físicos y los períodos de floración y fructificación de las plantas, se obtuvieron los registros mensuales de fotoperíodo, precipitación y temperatura media de los meses de julio de 1993 a julio de 1994. Los datos de precipitación y temperatura fueron proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la U.N.A.M que se localiza en Ciudad Universitaria al SW del D.F. el cual se encuentra a 12 km. de la zona de estudio, entre los 19°19'50" N y 99°11'03" W a una altitud de 2278 m. Los registros de horas-luz se obtuvieron de los Anuarios del Observatorio Astronómico Nacional; se consultó la hora diaria de salida y puesta del sol correspondientes al año de observación en relación con el paralelo correspondiente a la zona de estudio.

Las especies observadas se clasificaron de acuerdo con la estacionalidad y duración de los períodos de floración y fructificación. Las especies estacionales fueron definidas como aquellas que presentaron un sólo período de floración y/o fructificación, éstos fueron clasificados según su duración como períodos cortos (menos de 4 ½ meses) y períodos largos (más de 4 ½ meses). En el caso de que las especies presentaran más de un período de floración y/o fructificación a lo largo del año, estos períodos fueron clasificados como continuos regulares o irregulares, en este caso se definen como no estacionales. Se registró además la época de año en que el número de especies con flor y con fruto fue mayor y la época en la que este número fue menor.

Los periodos de floración de las especies fueron relacionados con el síndrome de polinización, el color de la flor y la forma de crecimiento; en cambio, los periodos de fructificación fueron vinculados con el síndrome de dispersión y la forma de crecimiento. Se vinculó el registro del inicio de la floración y el periodo que abarcó éste con la cercanía filogenética de las familias estudiadas, el criterio con el cual las familias fueron clasificadas como primitivas, intermedias o avanzadas fue en relación con la clasificación filogenética publicada por Jones (1987).

Se analizó la composición florística de los seis sitios muestreados por medio de la obtención de índices de similitud, se compararon los resultados obtenidos con los resultados presentados por Gonzalez (1996).

Para comprobar estadísticamente la relación entre los factores biológicos y ambientales incluidos en el trabajo se elaboraron tablas de contingencia.

IV. RESULTADOS

4.1 Descripción general de las especies estudiadas.

A lo largo de los 13 meses de estudio se registraron 62 especies miembros de 26 familias. Como vemos en el Cuadro 1, las familias mejor representadas fueron Compositae (16 especies), Graminae (5 especies), Escrofulariaceae (5 especies) y Labiateae (5 especies).

Se registró una gran diversidad de formas de crecimiento (arbustos, suculentas, enredaderas, hierbas perennes, hierbas anuales y ectoparasitas), estas fueron clasificadas en tres grupos obteniendo un 66% de herbáceas perennes, un 23% de arbustos y un 11% de herbáceas anuales (Fig. 4).

Los síndromes de polinización registrados también fueron diversos debido a las diferentes combinaciones entre forma y color de la flor, en el P.E.C.M se registró una gran variedad de colores como rojo, amarillo, blanco, blanco-rosado, verde, violeta, etc. (Fig. 5).

Las especies entomófilas presentaron una gran variedad de visitantes entre escarabajos, abejas, mariposas, moscas y polillas diurnas, en las especies ornitófilas los principales polinizadores fueron colibríes. Unas especies presentaron síndromes de polinización más específicos que otros, es decir, encontramos plantas que según la forma de la flor, su color, su olor y recompensas, fueron visitados por uno, dos o más polinizadores o forrajeros. También se registraron especies consideradas anemófilas. En el P.E.C.M el 74% de las especies se clasificó como especies entomófilas, el 15% fueron ornitófilas y el 11% anemófilas. Los principales agentes polinizadores de las especies herbáceas y arbustivas fueron las abejas, las mariposas, las moscas y los colibríes (Figs. 6a y 6b).

Entre las especies estudiadas se registraron varios tipos de diásporas (drupas, nueces, cariopsis, esquizocarpos, aquenios, cápsulas, bayas, folículos) por lo que se observaron varios síndromes de dispersión en la zona de estudio. El 50% del total de las especies fue clasificado como especies anemócoras (18% esclerócoras, 19% poganócoras y 13% pterócoras), estas especies fueron dispersadas por viento, el 34% de las especies se dispersaron por otros mecanismos (11% balócoras y 23% barócoras) y el 16% restante fueron especies zoócoras, es decir, se dispersaron por medio de animales (3% desmócoras y 13% sarcócoras) (Figs. 7a y 7b).

4.2 Descripción de fenogramas de los sitios.

Como vemos en las Figs. 8-13 se registraron en el matorral perturbado (MP) 39 especies, en el matorral de *Sedum* (MS) 25 especies, 31 especies fueron registradas en el borde de bosque 1 (BB1), en el borde de bosque 2 (BB2) 16 especies, en el borde de bosque 3 (BB3) 19 especies y por último en el bosque cerrado (BC) se observaron 14 especies.

Cuadro 1. Especies herbáceas y arbustivas en el Parque Ecológico de la Ciudad de México, cuadro sinóptico donde se presenta información general de cada una de las especies estudiadas, los autores consultados fueron Rzedowakib y Rzedowski (1979), Equihua y Benítez (1984), Sanchez-Sanchez (1984) y Pulido y Koch (1992). La información acerca de síndromes de polinización y dispersión y de formas de crecimiento fue consultada en Braun-Blanquet *et al.*, (1932), Raunkler (1934), Danseray y Lems (1967), Baker y Hurd (1968), Proctor y Yeo (1973), Faegr y van der Pijl (1979), Leslie (1983) y Wyatt (1983). Las especies están ordenadas filogenéticamente según Jones (1987). Nomenclatura de familias según Jones (1987).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	FORMA FLOR	COLOR FLOR	FRUTO	DISPERSIÓN	POLINIZADOR
Lauraceae							
<i>Litsea glaucescens</i>		arbusto	actinomorfa	blanca	caroso	barócora	Mb, Pol
Cactaceae							
<i>Opuntia lasiantha</i>	hopal	suculenta perenne	actinomorfa	amarilla	baya	sarcospora	Av, Ab, Ma
<i>Opuntia tomentosa</i>	hopal	suculenta perenne	actinomorfa	roja	baya	sarcospora	Av, Ma
Portulacaceae							
<i>Talinum greenmanii</i>		hierba anual	actinomorfa	amarilla	capsular globosa	barócora	Ab, Ma
Begoniaceae							
<i>Begonia gracilis</i>	ala de ángel	hierba suculenta	zigomorfa	rosada	capsula alada	pterócora	Ma, Ab, Mb
Resedaceae							
<i>Reseda luteola</i>	gualda	hierba anual	zigomorfa	amarilla	capsular	barócora	Ab
Pyrolaceae							
<i>Hypopitys multiflora</i>		hierba ectoparásita	actinomorfa	rosada	capsular globosa	esamócora	Mb
Crassulaceae							
<i>Sedum oxypetalum</i>	siempre viva	arbusto perenne	actinomorfa	roja	folículo	esclerócora	Ab
<i>Sedum moranense</i>	cordoncillo	hierba perenne	actinomorfa	blanco	folículo	esclerócora	Ab
<i>Sedum dendroideum</i>	siempre viva	arbusto	actinomorfa	amarilla	folículo	esclerócora	Ab
Leguminosae							
<i>Phaseolus anisotrichus</i>	frijolillo, frijolitos	hierba tendida	zigomorfa	morada	legumbre	balócora	Ab, Ma
<i>Colginia biloba</i>		hierba voluble	zigomorfa	morada	legumbre	balócora	Ab, Ma
Onagraceae							
<i>Fuchsia thymifolia</i>	aretillos	arbusto ramoso	actinomorfa	blanca rosada	baya	sarcócora	Ab, Mb, Pol
Polygalaceae							
<i>Monnina xalapensis</i>		arbusto	zigomorfa	morada	drupa	sarcócora	Ab, Ma
Oxalidaceae							
<i>Oxalis lunulata</i>	agritos, jacoyotes	hierba perenne	actinomorfa	violeta	capsular	balócora	Ma
Umbelliferae							
<i>Prinosciadium thapsoides</i>	alocote	hierba anual	actinomorfa	verde amarilla	esquizocarpo	pterócora	Pol
<i>Apium leptophyllum</i>	apio	hierba anual	actinomorfa	blanca	esquizocarpo	pterócora	Ma
Asclepiadaceae							
<i>Gonolobus chrysanthus</i>		enredadera perenne	actinomorfa	rojiza	folículo	pogonócora	Mb
Solanaceae							
<i>Physalis stapelioides</i>	tomatillo	hierba perenne	actinomorfa	amarilla	baya globosa	sarcócora	Ab, Ma
Polemoniaceae							
<i>Loeselia mexicana</i>	aspinoquilla	arbusto	actinomorfa	roja	capsular	barócora	Av, Ma
Verbenaceae							
<i>Verbena carolina</i>		hierba perenne	zigomorfa	violeta	bocos	esclerócora	Ab, Ma
Labiatae							
<i>Salvia microphylla</i>		hierba ramosa perenne	zigomorfa	roja	huez	barócora	Av
<i>Salvia mexicana</i>	salvia	hierba ramosa perenne	zigomorfa	azul	huez	barócora	Ab, Ma
<i>Salvia lavanduloides</i>	santahueso	hierba perenne	zigomorfa	lila	huez	barócora	Ab, Ma
<i>Salvia elegans</i>	salvia roja	hierba ramosa perenne	zigomorfa	roja	huez	barócora	Av

Cuadro 1. (Continuación).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA DE VIDA	FORMA FLOR	COLOR FLOR	FRUTO	DISPERSIÓN	POLINIZADOR
ESCRIFULARIACEAE							
<i>Pentstemon roseus</i>	tarritos , jarritos	hierba perenne	bigomórfica	roja	capsular	barócora	Av, Ab
<i>Lamouruxia multifida</i>		hierba perenne	bigomórfica	roja	capsular	barócora	Ab, Ma, Mb, Av
<i>Lamouruxia tenuifolia</i>		hierba perenne	bigomórfica	rosa	capsular	barócora	Ab, Ma, Mb, Av
<i>Lamouruxia rhinanthifolia</i>		hierba perenne	bigomórfica	roja	capsular	barócora	Av
<i>Castilleja tenuiflora</i>	castilleja	hierba perenne	bigomórfica	roja	capsular	barócora	Av
OROBANCHACEAE							
<i>Conopholis americana</i>	mazorquilla	hierba perenne	bigomórfica	blanco opaco	capsular	balócora	Mb
RUBIACEAE							
<i>Galium praetermissum</i>	pegarropa	hierba perenne	actinomórfica	blanca	baya	sarcóscora	Mb
<i>Bouvardia tenifolia</i>	trompetilla	arbusto	actinomórfica	roja	capsular	balócora	Ab, Ma
COMPOSITAE							
<i>Viguiera linearis</i>	romerillo	hierba ramosa perenne	bigomórfica	amarilla	aquenio	pogonoscora	Ab, Ma
<i>Verbesina virgata</i>	romerillo	arbusto	bigomórfica	amarilla	aquenio	pteróscora	Ab, Mb
<i>Tagetes tenuifolia</i>	santa maría	hierba anual	bigomórfica	amarilla	aquenio	pogonoscora	Ab, Ma, Mb
<i>Stevia salicifolia</i>	arrilla	hierba ramosa perenne	actinomórfica	blanca-rosada	aquenio	pogonócora	Mb
<i>Senecio praecox</i>	palo loco	arbusto	bigomórfica	amarilla	aquenio	pogonoscora	Ab, Ma
<i>Senecio barba-johannis</i>	hierba de san juan	arbusto	bigomórfica	amarilla	aquenio	pogonoscora	Ab, Ma
<i>Senecio angulifolius</i>	hierba de san juan	arbusto	bigomórfica	amarilla	aquenio	pogonoscora	Ab, Ma
<i>Piqueria trinervia</i>	hierba de san nicolas	hierba ramosa perenne	actinomórfica	blanca rosada	aquenio	pteróscora	Ab
<i>Matricaria chamomilla</i>	manzanilla	hierba anual	actinomórfica	blanca	aquenio	pogonócora	Ma
<i>Eupatorium pycnocephalum</i>	hierba de ángel	arbusto sufruticoso	actinomórfica	blanca	aquenio	pogonócora	Ab, Mb
<i>Eupatorium petiolare</i>	hierba de ángel	arbusto sufruticoso	actinomórfica	blanca-rosada	aquenio	pogonócora	Ab, Mb
<i>Eupatorium pascuarensense</i>	hierba de ángel	arbusto sufruticoso	actinomórfica	morada	aquenio	pogonócora	Ab, Mb
<i>Eupatorium glabratum</i>	hierba de golpe	arbusto sufruticoso	actinomórfica	blanca	aquenio	pogonócora	Ab, Mb
<i>Dahlia rudis</i>	dalia	hierba perenne	actinomórfica	violeta	aquenio	pteróscora	Ab, Ma, Mb
<i>Dahlia merkii</i>	dalia	hierba perenne	bigomórfica	blanca	aquenio	pteróscora	Ab, Ma, Mb
<i>Dahlia coccinea</i>	dalia	hierba perenne	bigomórfica	anaranjada	aquenio	pteróscora	Ma, Mb
COMMELINACEAE							
<i>Commelina alpestris</i>	quesadilla	hemisuculenta perenne	bigomórfica	azul	capsular	barócora	Ab, Ma
<i>Commelina coelestis</i>	hierba de pollo	hemisuculenta perenne	bigomórfica	azul	capsular	esclerócora	Ab, Ma
CIPERACEAE							
<i>Cyperus sesleroides</i>	tulillo	hierba perenne	actinomórfica	amarilla	aquenio	barócora	Vi
<i>Cyperus flavus</i>	tulillo	hierba perenne	actinomórfica	café	aquenio	barócora	Vi
GRAMINAE							
<i>Trisetum virletii</i>		hierba perenne	bigomórfica	verde	cariopsis	pogonócora	Vi
<i>Muhlenbergia macroura</i>	zacatón	hierba perenne	bigomórfica	verde	cariopsis	esclerócora	Vi
<i>Epicampes macroura</i>	zacatón de escoba	hierba perenne	bigomórfica	café	cariopsis	esclerócora	Vi
<i>Bromus exaltatus</i>		hierba perenne	bigomórfica	café	cariopsis	esclerócora	Vi
<i>Avena fatua</i>	avena	hierba anual	bigomórfica	verde	cariopsis	pogonócora	Vi
LILIACEAE							
<i>Smilax moranensis</i>		enredadera perenne	actinomórfica	blanca	baya carnosa	sarcóscora	Pol
<i>Calochortus barbatus</i>	agatito, gallitos	hierba perenne	actinomórfica	amarilla	capsula	balócora	Ab
AMARILLIDACEAE							
<i>Zephyranthes sessilis</i>	flor de mayo	hierba perenne	actinomórfica	blanca-rosada	capsular globoso	barócora	Es
<i>Hypoxis mexicana</i>		hierba perenne	actinomórfica	amarilla	capsula	desmócora	Ab

SIMBOLOGÍA

Pol: polillas diurnas

Ma: mariposas

Ab: abejas

Mb: moscas

Es: escarabajos

Vi: viento

Av: aves



Figura 4. Especies herbáceas y arbustivas agrupadas en relación con su forma de crecimiento en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. N=62.

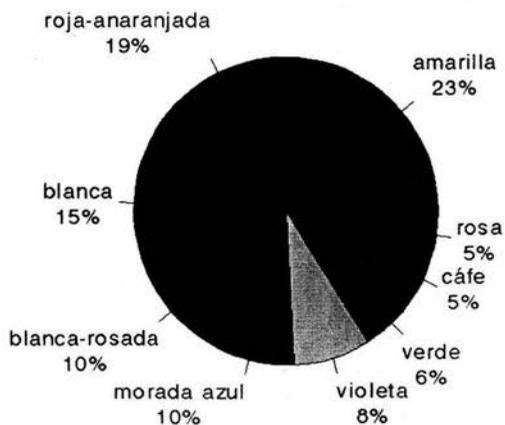


Figura 5. Especies herbáceas y arbustivas agrupadas en relación con el color de la flor en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. N=62.

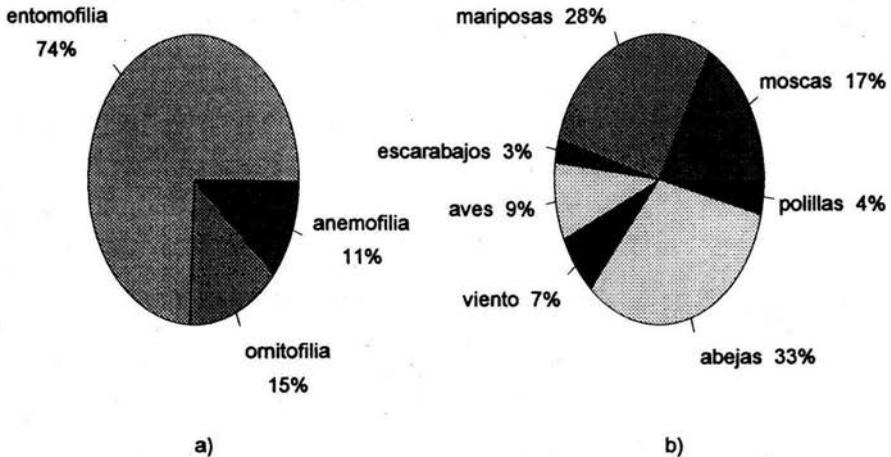


Figura 6. Polinización. a) especies herbáceas y arbustivas agrupadas en relación a su síndrome de polinización b) especies agrupadas en relación con el agente polinizador. N=62

En el Cuadro 2 se observa que la mayor parte de las especies en los diferentes sitios presentaron períodos de floración y fructificación cortos (menores a 4 ½ meses), sólo en algunas especies se registraron períodos largos de floración y/o fructificación (mayores a 4 ½ meses) y períodos continuos regulares e irregulares. En el MP y en el MS se registró el mayor número de especies con períodos de floración y fructificación largos y especies con períodos continuos (regulares e irregulares).

Las especies con floración más extensa fueron *Epicampes macrourea* (5 ½ meses) y *Piqueria trinervia* (5 ½ meses) en el MP y *Loeselia mexicana* (6 meses) en el MS. En cambio la floración más corta fue de un mes y se registró en *Physalis stapelioides* y *Commelina alpestris* en el MP, *Calochortus*

barbatus en el MS, *Fuchsia thymifolia* en el BB2, *Penstemon roseus* en el BB3 y *Trisetum virletti* en el BC (Figs. 8-13).

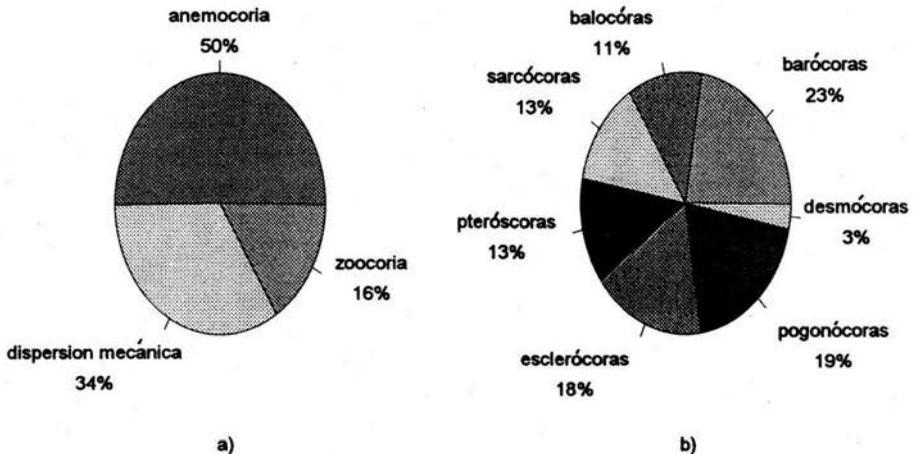
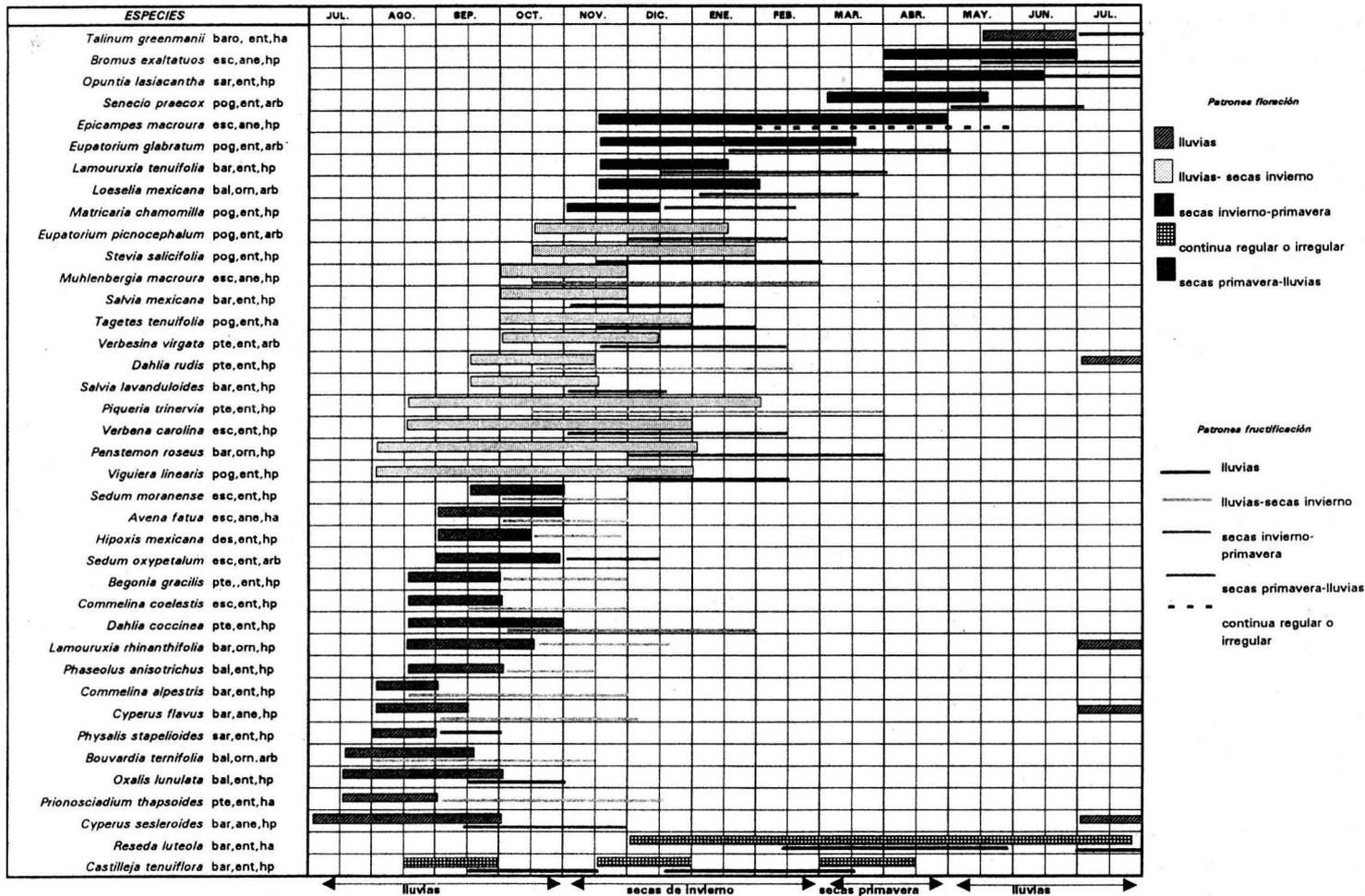


Figura 7. Dispersión. Especies dispersadas por viento (anemócoras), animales (zoócoras) y por dispersión mecánica. b) especies agrupadas en relación con el tipo de diáspora. N=62

Con respecto a la fructificación observamos que el período más extenso fue registrado en *Piqueria trinervia* (5 ½ meses) en el MP y *Prionosciadium thapsoides* (4 ½ meses) en el MS. Los períodos más cortos de fructificación fueron de un mes y se registraron en *Talinum greenmanii* y *Physalis stapelioides* en el MP, *Apium leptophilum* en el BB1, *Smilax moranensis*, *Monnina xalapensis* y *Oxalis lunulata* en el BB2, por último *Hypopitis multiflora* en el BC. Las especies con períodos continuos regulares o irregulares de floración y fructificación fueron *Reseda luteola* y *Castilleja tenuiflora* en el MP, *Galium praetermissum* y *Castilleja tenuiflora* en el BB1 y *Salvia microphylla* en el BC (Figs. 8-13) En el BB1, el BB2, MP y el MS la época en la cual se registró el período de floración del mayor número de especies fue la de lluvias, en cambio, la época con el menor número de especies en estos sitios fue la de secas de primavera. En el BB3 y el BC el período de floración de la mayor parte



Simbología

bar: barócora, bal: balócora, esc: esclerócora, des: desmócora, pte: pterócora sar: sarcócora, pog: pogonócora, ent: entomófila, orn: ornitófila, ane: anemófila, hp: herbácea perenne, ha: herbácea anual, arb: arbusto.

Figura 8. Periodos de floración y fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el matorral perturbado. Se señalan los síndromes de polinización, dispersión y forma de crecimiento.

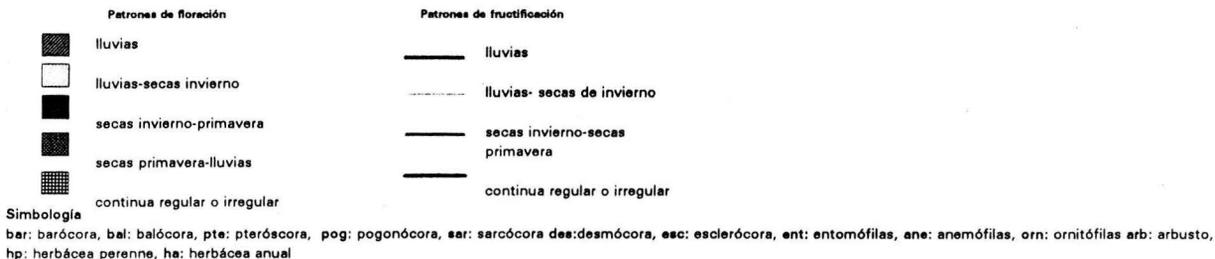
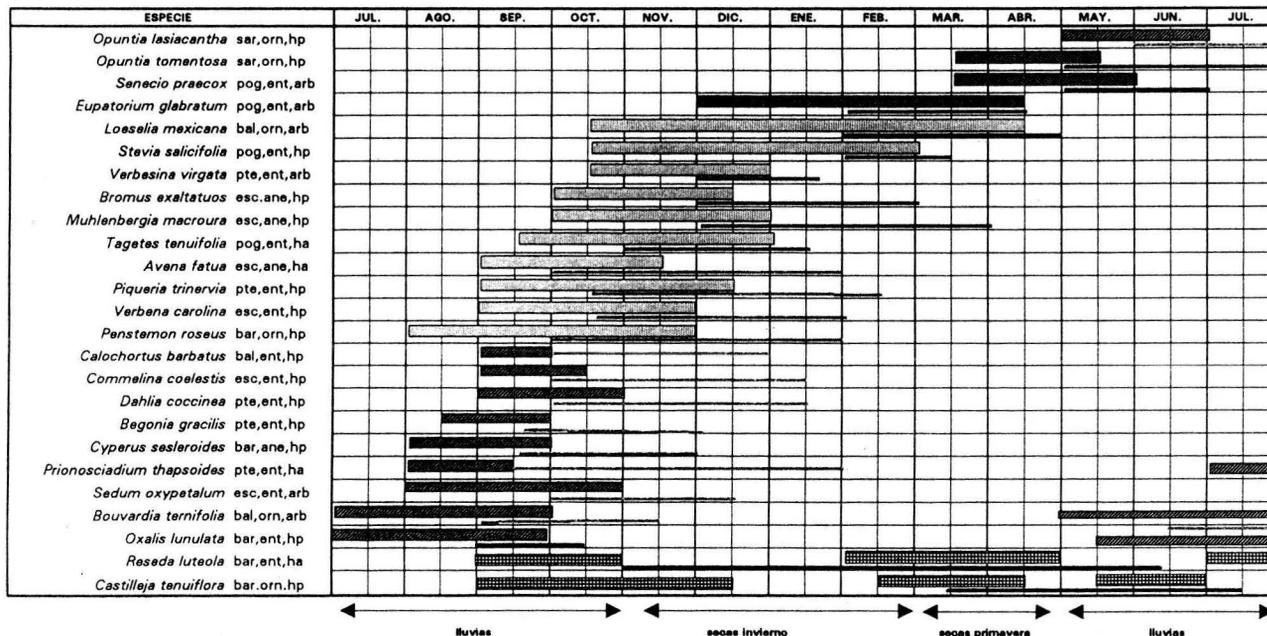


Figura 9. Períodos de floración y fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el matorral de *Sedum*. Se señalan los síndromes de polinización, dispersión y forma de crecimiento.

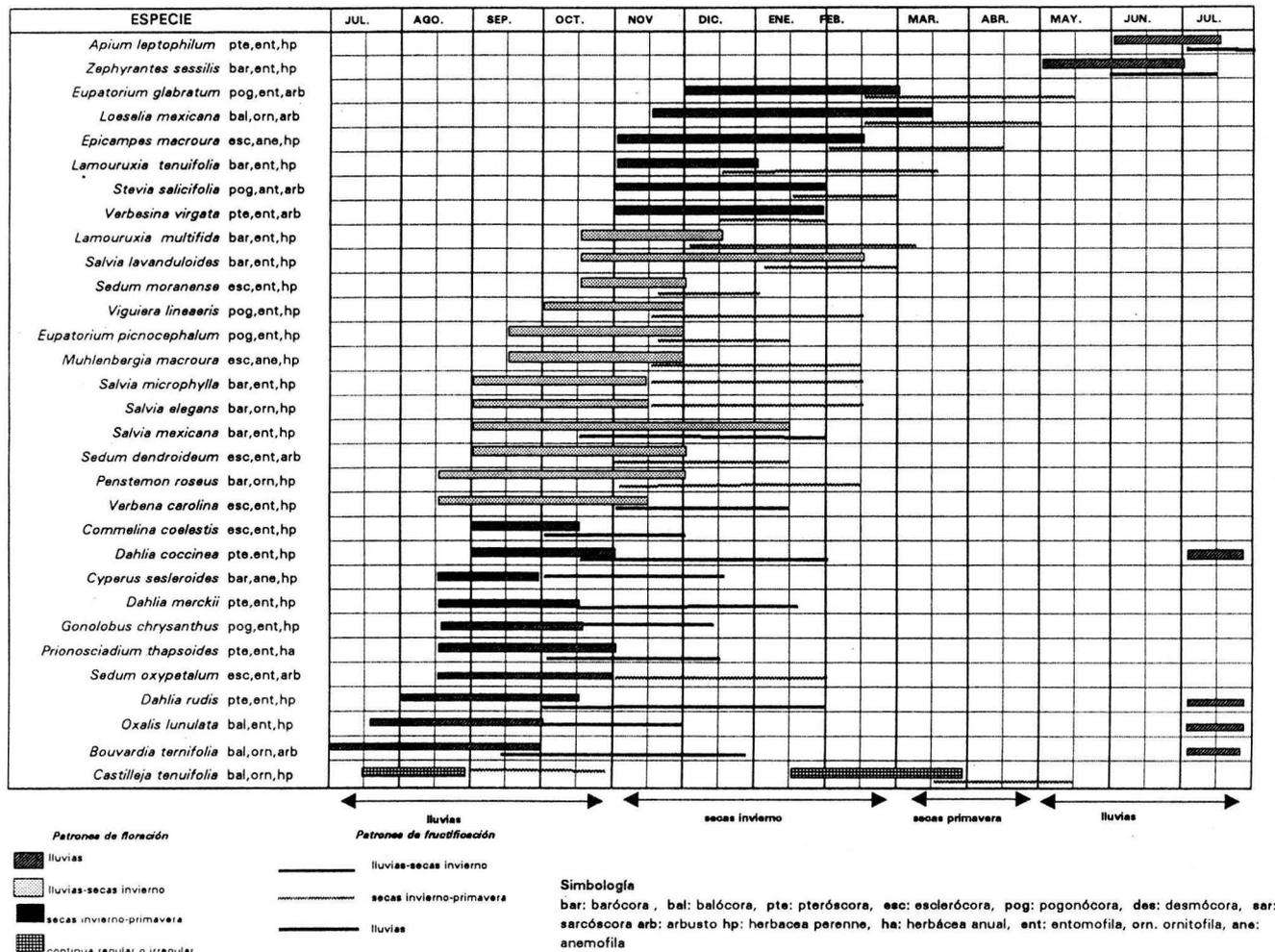
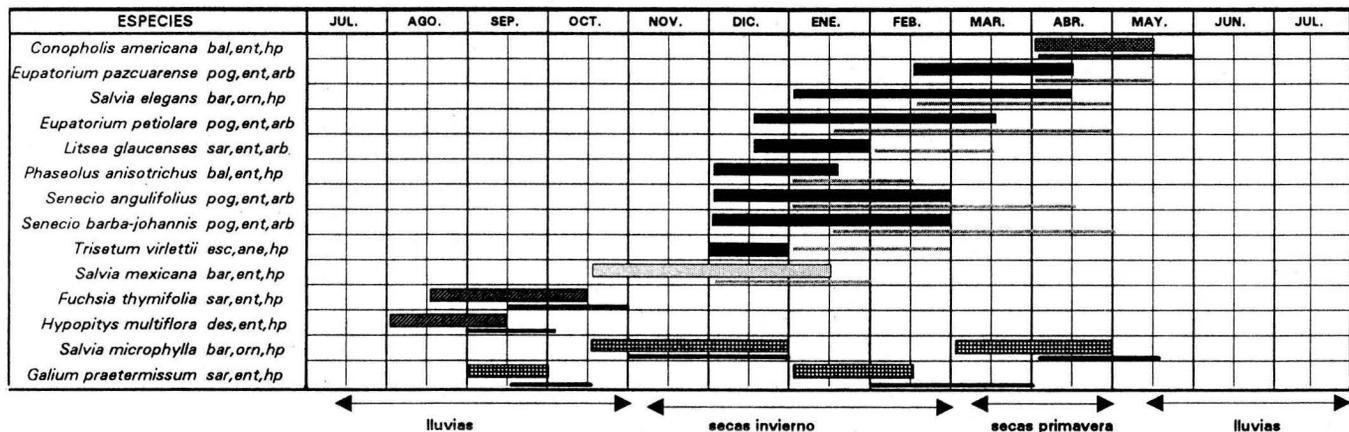


Figura 10. Periodos de floración y fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el borde de bosque 1. Se señalan los síndromes de polinización, dispersión y forma de crecimiento.



Patrones floración

-  lluvias
-  lluvias-secas invierno
-  secas invierno-primavera
-  continua regular e irregular

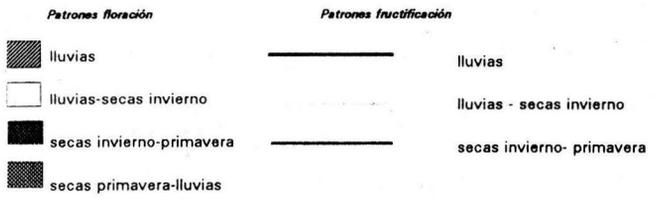
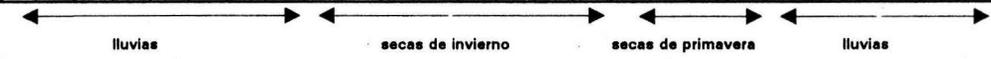
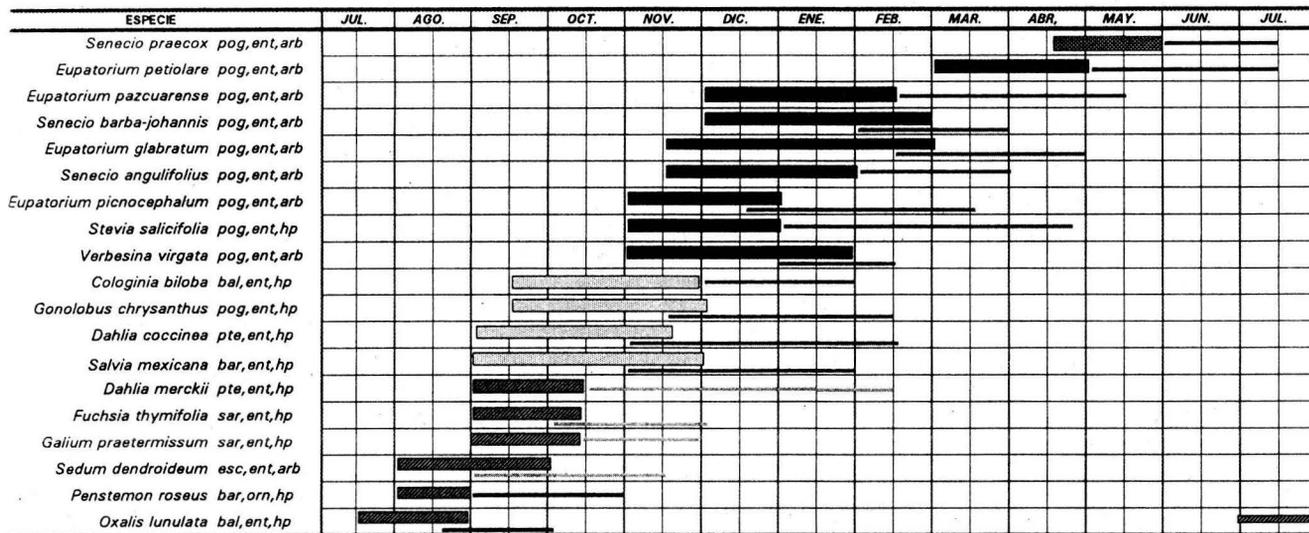
Patrones fructificación

-  lluvias
-  secas invierno-primavera
-  secas primavera-lluvias

Simbología

bal: balócora, bar: barócora, esc: esclerócora, pog: pogonócora, des: desmócora, pte: pterócora, sar: sarcócora, ent. entomófila, ane. anemófila, orn: ornitófila, arb: arbusto, hp: herbácea perenne, ha: herbácea anual

Figura 12. Períodos de floración y fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el bosque cerrado. Se señalan los síndromes de polinización, dispersión y forma de crecimiento.



Símbología
 bar: barócora, sar: sarcócora, des: desmócora, pte: pteróscora, bal: balócora, pog: pagonócora, esc: esclerócora, ent: entomófila, ane: anemófila, orn: ornitófila, arb: arbusto, hp: herbácea perenne, ha: herbácea anual

Figura 13. Periodos de floración y fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el borde de bosque 3. Se señalan los síndromes de polinización, dispersión y forma de crecimiento.

de las especies se registró en las secas de invierno y el menor número entre las secas de primavera y principios de la época de lluvias (Figs. 8-13).

En los seis sitios de muestreo la época en la cual se observó el período de fructificación de la mayor parte de las especies fue la de secas de invierno y la de menos fue la época de lluvias siguiente. Como vemos, en ninguna época del año se dejaron de registrar por lo menos una especie con flor y/o fruto en los 6 sitios de muestreo (Figs. 8-13).

Cuadro 2. Número de especies con períodos de floración y fructificación cortos (menos de 4 ½ meses), largos (más de 4 ½ meses) y continuos a lo largo del año en cada uno de los sitios.

sitios	# especies	Floración			Fructificación		
		período largo	período corto	período contínuo	período largo	período corto	período contínuo
matorral perturbado MP	39	5	32	2	2	35	2
matorral Sedum MS	25	3	20	2	3	20	2
borde bosque 1 BB1	31	1	29	1	0	30	1
borde bosque 2 BB2	16	0	14	0	0	14	0
borde bosque 3 BB3	19	0	19	0	0	19	0
bosque cerrado BC	14	0	12	2	0	12	2

4.2.1 Número de especies con flor y/o fruto en los sitios. Como se observa en la Fig. 14 en la época de lluvias (julio a octubre) se registraron altos niveles de precipitación, siendo septiembre el mes que

registró la mayor precipitación (257.1 mm). A partir del mes de octubre se advirtió un considerable descenso, manteniéndose bajos niveles de precipitación toda la época de secas de invierno y de primavera, hasta principios del mes de junio, cuando se registraron nuevamente altos niveles de precipitación (198.3 mm).

Por otra parte, de julio a septiembre, el número promedio de horas luz (12.78 h) fue mayor en comparación con el registrado a finales de septiembre (12.38 h) y finales de febrero (11.46 h). En los meses de noviembre, diciembre y enero (11.26 h en promedio), es decir, en las secas de invierno se registró el número mínimo de horas luz en el año de estudio (Fig. 14).

Altas temperaturas fueron registradas desde el mes de julio hasta finales de agosto (18.54 C°), sin embargo, éstas bajaron gradualmente a partir de mes de septiembre. Las temperaturas mínimas (13.51 C°) observadas en el año se registraron en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Un posterior aumento en la temperatura se registró a partir del mes de marzo hasta mayo, donde se presentó la temperatura más alta registrada en el año (18.9 C°) (Fig. 14).

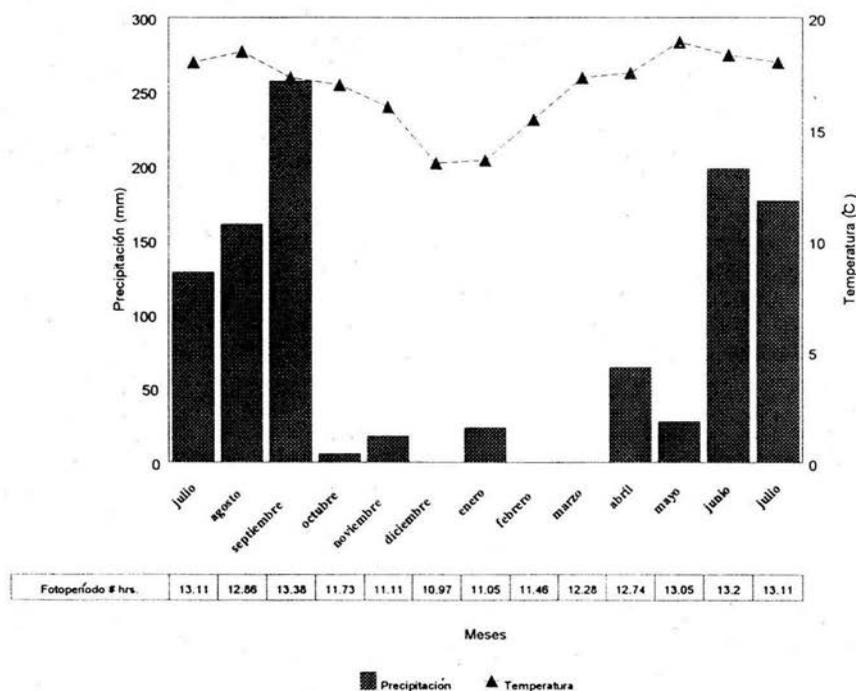


Figura 14. Variables ambientales registradas de julio de 1993 a julio de 1994. Datos obtenidos de la Estación Meteorológica de Ciudad Universitaria y del Observatorio Astronómico Nacional.

En las Figs. 15 y 16 se observa que en el MP el número máximo de especies con flor se registró de agosto a octubre (46%), es decir, en la época de lluvias, cuando los niveles de precipitación fueron máximos y el número de horas luz disminuyó al igual que la temperatura, aunque se mantuvo alto hasta finales de las secas de invierno. El número de especies con frutos se incrementó en la época de lluvias, hasta llegar al número máximo (51%) el cual se observó a principios de las secas, en el mes de noviembre, permaneciendo relativamente alto hasta finales de enero.

En el MS el máximo número de especies con flor se registró de septiembre a octubre (60%), período en el cual los niveles de precipitación registrados fueron elevados. Para las especies con fruto, el número máximo (56%) se registró a principios de las secas en el mes de diciembre, sin embargo este número fue alto de finales de octubre a finales de diciembre; en este mes se registraron bajas temperaturas y niveles de precipitación también bajos (Figs. 15 y 16).

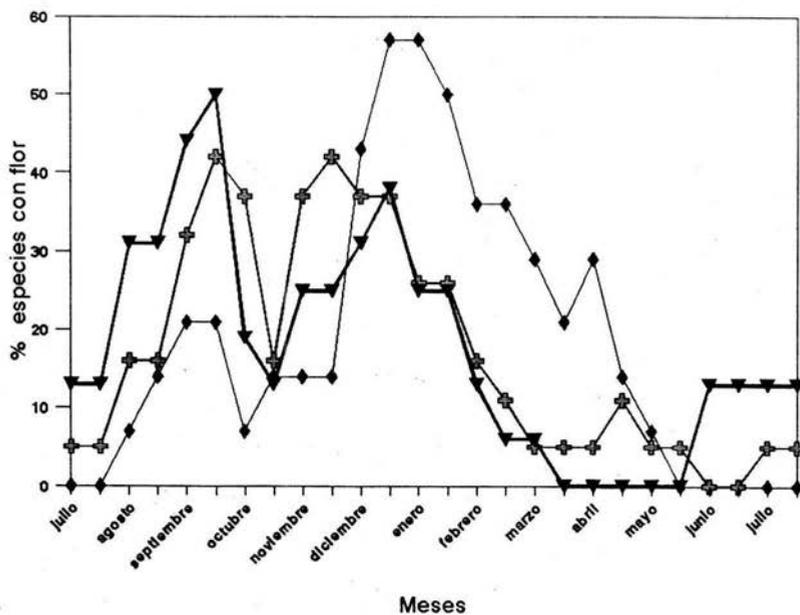
En el BB1, en la época de lluvias, el número de especies con flor aumentó hasta llegar al número máximo en el mes de septiembre (58%), registrándose en este mes la máxima precipitación. El número de especies con fruto aumentó gradualmente y en la época de secas de invierno, entre noviembre y enero, cuando el número de horas luz disminuyó, la temperatura registrada fue mínima y los niveles de precipitación bajos, se registró un pico de fructificación considerable (61%) (Figs. 15 y 16)

En el BB2, en septiembre, se registró el mayor número de especies con flor (50%). Se registraron dos picos de fructificación en este sitio, uno en la época de lluvias (44%) en el mes de octubre y el otro a finales de las secas de invierno en el mes de febrero (31%) (Figs. 15 y 16).

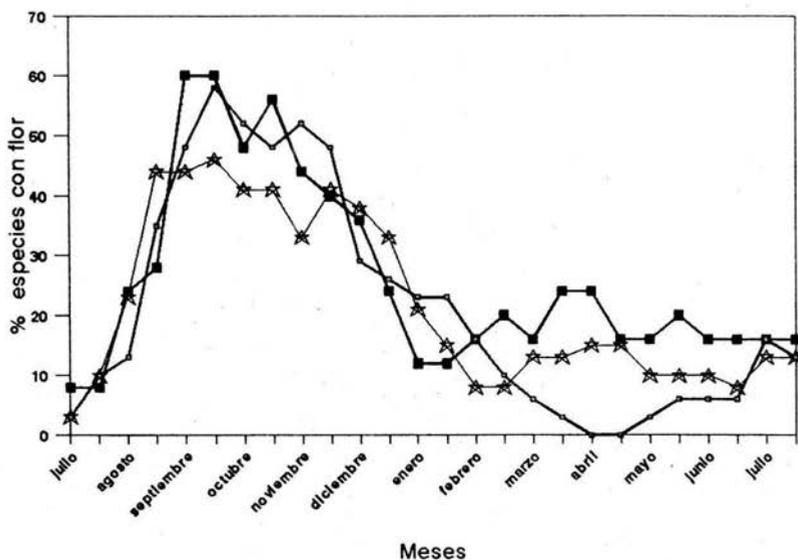
En el BB3, el máximo número de especies con flor ocurrió en los meses de septiembre y noviembre (42%). El número máximo de especies con fruto se observó en noviembre y febrero (37%), período en el cual los registros de precipitación, temperatura y fotoperíodo presentaron valores mínimos (Figs. 15 y 16).

En el BC el número máximo de especies con flor fue registrado entre los meses de diciembre y enero (57%). En este período los niveles de precipitación fueron mínimos, el número de horas-luz disminuyó y las temperaturas registradas fueron las menores observadas en el año. Se presentó un amplio pico de fructificación (de entre 43% y 50%) desde finales de las secas de invierno hasta finales de las secas de primavera, entre los meses de enero y abril. En este período los niveles de precipitación permanecieron bajos; sin embargo, se registró un considerable aumento en la temperatura y en el número de horas-luz (Figs. 15 y 16).

En resumen, el MS, el BB1 y el MP presentaron el mayor número de especies con flor en julio y enero. En el BB2 el número máximo de especies con flor se registró en la época de lluvias,

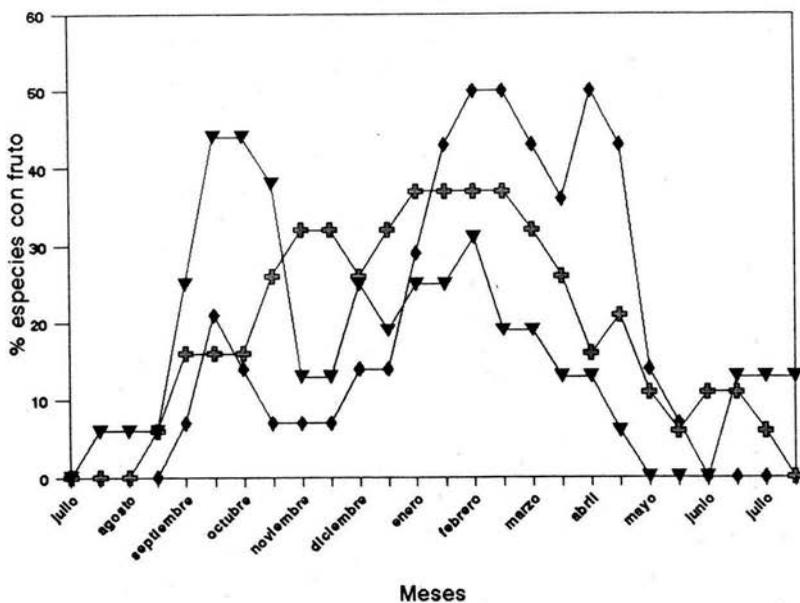


▼ Borde Bosque 2 (N=16) ◻ Borde Bosque 3 (N=19) ◆ Bosque cerrado (N=14)

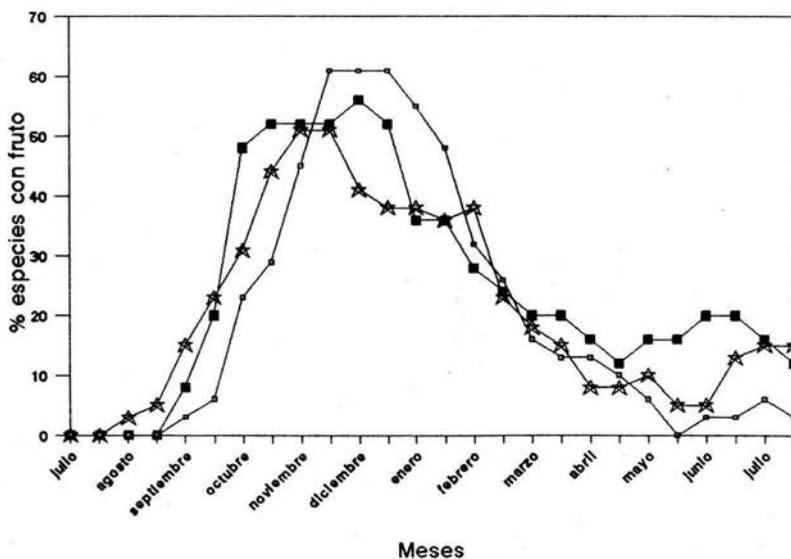


○ Borde Bosque 1 (N=31) ■ Matorral Sedum (N=25) ☆ Mat. perturbado (N=39)

Figura 15. Variación temporal del número de especies con flor en los seis de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.



▼ Borde Bosque 2 (N=16) ⊕ Borde Bosque 3 (N=19) ◆ Bosque cerrado (N=14)



○ Borde Bosque 1 (N=31) ■ Matorral Sedum (N=25) ★ Mat. perturbado (N=39)

Figura 16. Variación temporal del número de especies con fruto en los 6 sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

entre los meses de septiembre y octubre. En el BC y el BB3 el máximo número de especies con flor se presentó en las secas de invierno, para el BC de diciembre a febrero y para el BB3 de noviembre a enero.

Hacia finales de las secas de invierno y hasta principios de la época de lluvias siguiente, el número de especies con flor disminuyó de manera significativa para todos los sitios; sin embargo, en ningún mes del año se dejaron de registrar por lo menos una o dos especies con flor en cada sitio.

En el MP, en el MS y en el BB1, el número máximo de especies con fruto se presentó para los tres sitios de octubre a enero. El máximo número de especies con fruto para el BB2, se registró a finales de la época de lluvias, en el mes de octubre, en cambio, para el BC el máximo número de especies con fruto se presentó en las secas de primavera, entre los meses de marzo y abril. Para el BB3 el mayor número de especies con fruto fue registrado entre los meses de enero, febrero y marzo.

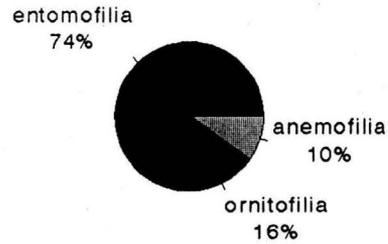
4.2.2 Comparación de los sitios respecto a la composición florística y aspectos biológicos. En los seis sitios el síndrome de polinización predominante fue la entomofilia. En todos los sitios el número de especies entomófilas predominó sobre el número de especies ornitófilas y anemófilas. En los dos matorrales, en el BB1 y en el BC el número de especies anemófilas fue menor en comparación con las especies entomófilas y ornitófilas, en el BB2 y BB3 no se registraron especies anemófilas (Fig. 17).

Los sitios con mayor variedad de colores florales fueron el MP, el MS y el BB1, especies con flores de color rojo, blanco-rosado, blanco y amarillo predominaron sobre las demás. En el BB2, BB3 y BC no se registró la variedad de colores florales como en los sitios antes mencionados, sin embargo, el número de especies con flores blancas, blancas-rosadas y amarillas también predominaron sobre las demás (Fig. 18).

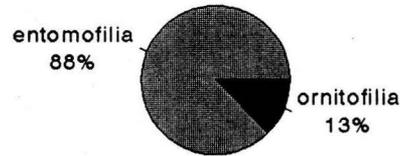
El síndrome de dispersión predominante en todos los sitios, con excepción del BC, fue la anemocoria, así en los dos matorrales la mayor parte de las diásporas registradas fueron pteróscoras, pogonócoras y esclerócoras. En el BB1 la mayoría de las especies fueron esclerócoras, en el BB2 y en el BB3 predominaron las especies pogonócoras. En cambio, en el BC el síndrome de dispersión dominante fue la zoocoria, registrándose en su mayoría diásporas sarcócoras y desmócoras (Figs. 19 y 20).

En todos los sitios la forma de crecimiento predominante fue la de las herbáceas perennes, seguida por la de las especies arbustivas y por último la de las herbáceas anuales (Fig. 21).

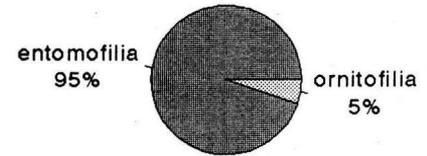
En relación con las especies que comparten los sitios de muestreo se encontró un 72% de similitud entre el MP y el MS, así también, el BB1 compartió un número considerable de especies



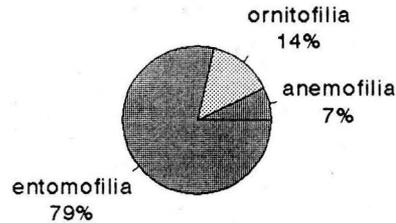
borde de bosque 1



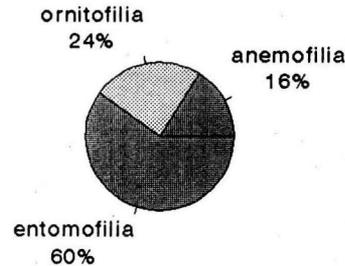
borde de bosque 2



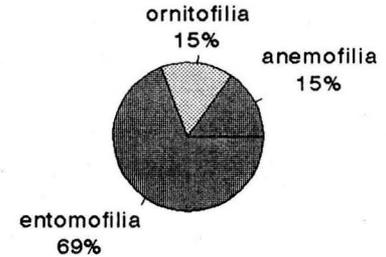
borde de bosque 3



bosque cerrado

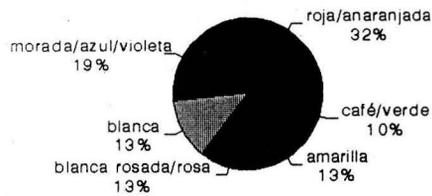


matorral de Sedum

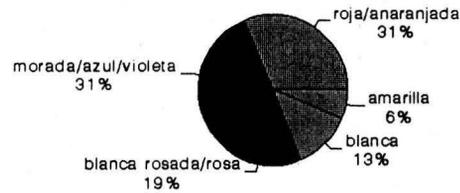


matorral perturbado

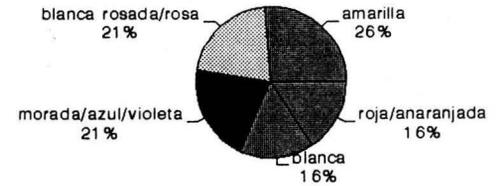
Figura 17. Especies agrupadas en relación con su síndrome de polinización en los sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.



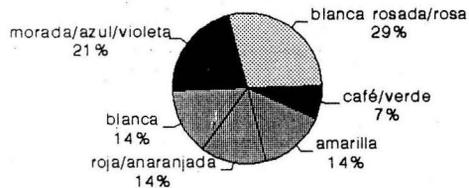
borde de bosque 1



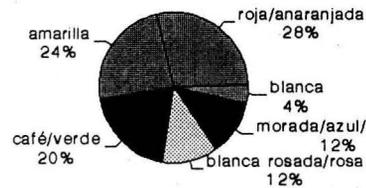
borde de bosque 2



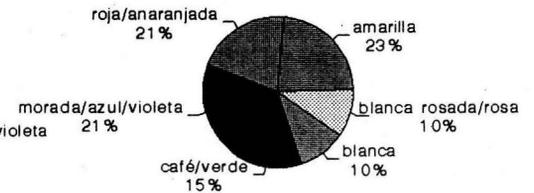
borde de bosque 3



bosque cerrado



matorral de Sedum



matorral perturbado

Figura 18. Especies herbáceas y arbustivas agrupadas en relación con el color de flor en los sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

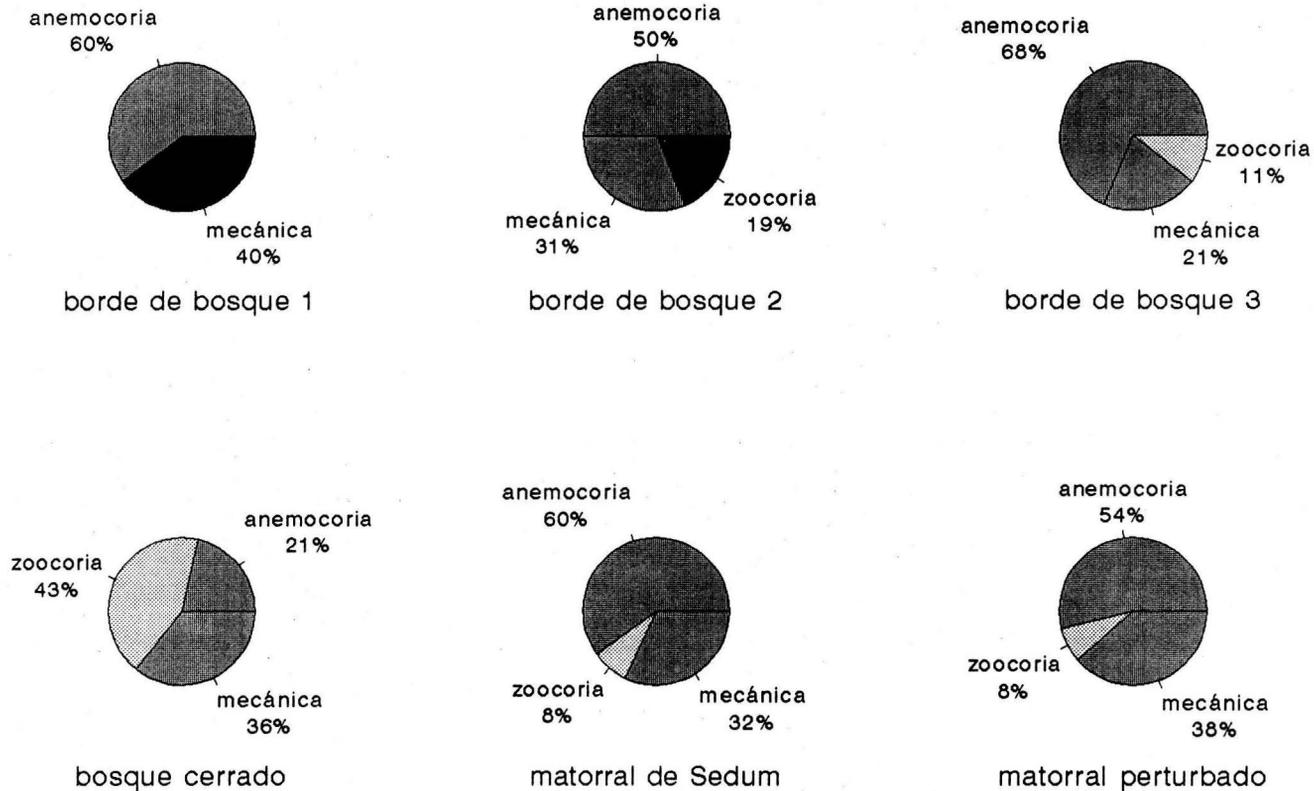


Figura 19. Especies agrupadas de acuerdo con su síndrome de dispersión en los sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

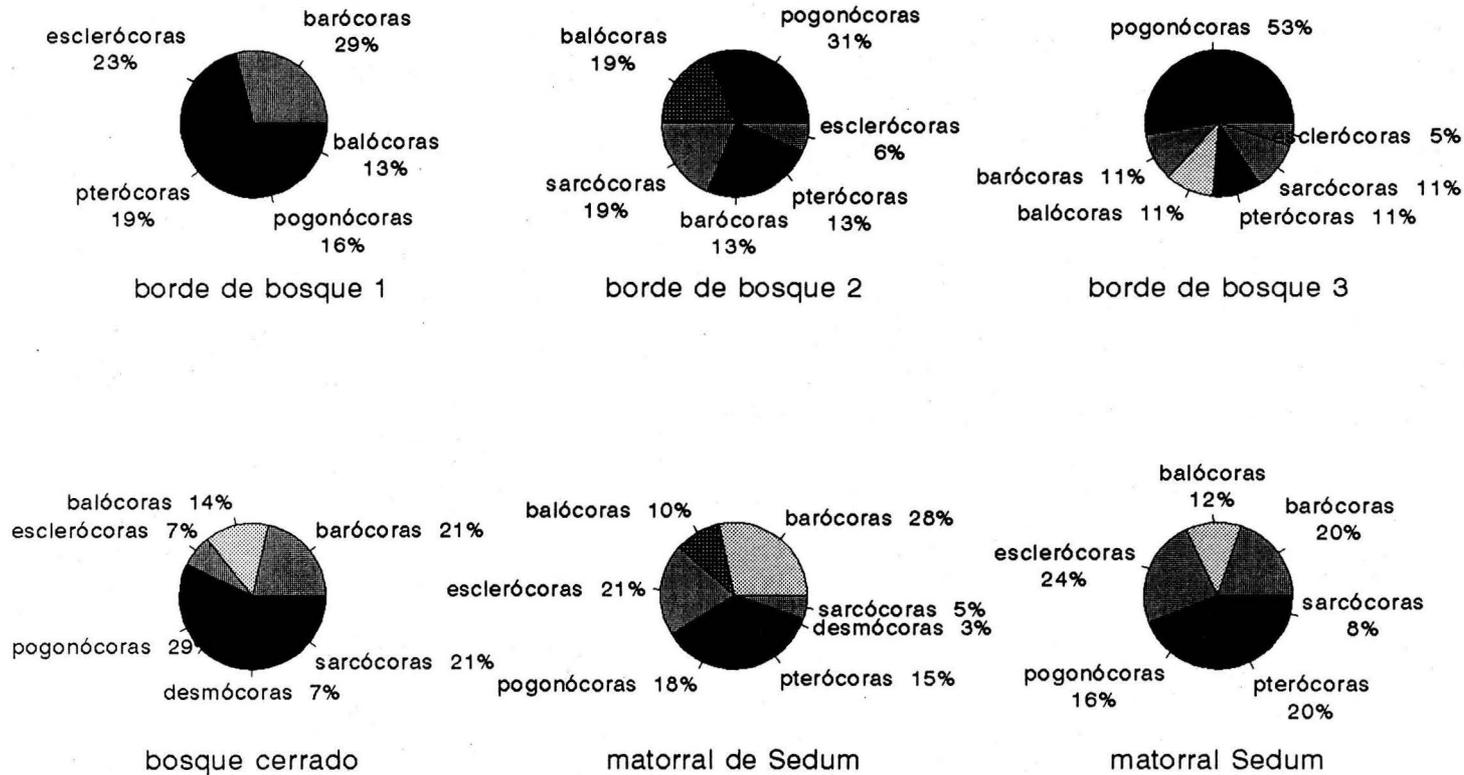


Figura 20. Tipos de diásporas registradas en los seis sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

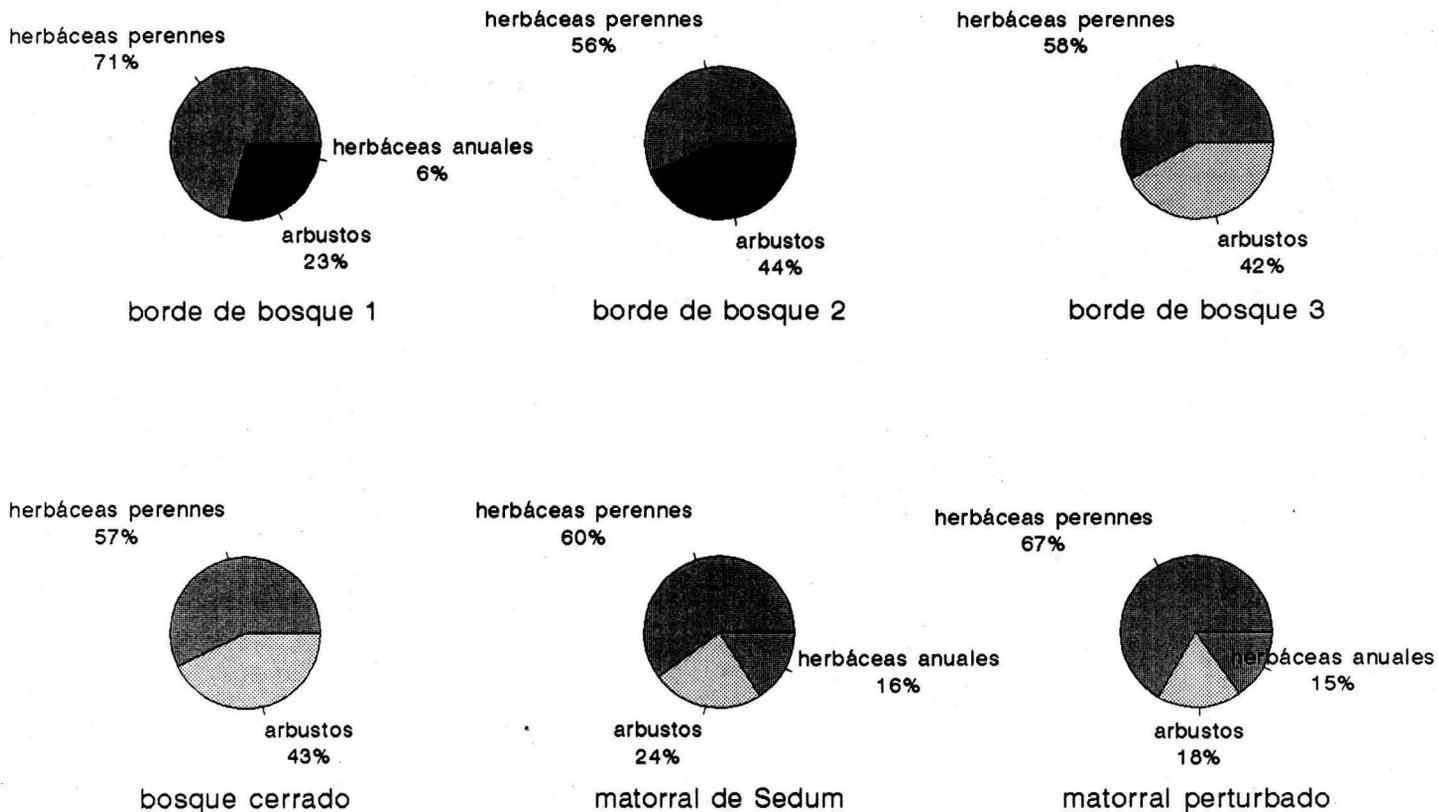


Figura 21. Especies agrupadas en relación con la forma de crecimiento en los sitios de muestreo ubicados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

con el MP (54%) y el MS (66%). También se encontró una alta similitud al comparar el BB2 y el BB3 (57% de similitud). Los sitios con menos especies comunes entre sí fueron el BC y el MS (0% de similitud), el BC y el MP (7.5% de similitud) y por último el BC y el BB1 (13% de similitud) (Cuadro 3) (Anexo 4).

Relativo a la composición florística de los sitios, al comparar el número de especies incluidas en el presente trabajo, se observó que la mayor parte de éstas están contenidas en el listado reportado en el estudio florístico y de vegetación realizado en el P.E.C.M, así el 72% de las especies registradas en el MP y en el BB1 fueron incluidas en la lista florística correspondiente al matorral xerófilo, en el MS se incluyó el 72% de las especies y en el BC (bosque *Quercus*) el 71%, para el BB2 y BB3 el porcentaje de especies incluidas en el tipo de vegetación denominado matorral *Sedum-Quercus* fue menor (40%) (Cuadro 4).

4.2.3 Comparación intraespecífica de los periodos de floración y fructificación en los sitios de muestreo. Se pensó que las fluctuaciones de las variables microambientales en diferentes sitios, por ejemplo, en la temperatura (Fig. 22), inducirían el desfaseamiento de los periodos de floración y fructificación de una especie. No obstante las fluctuaciones microambientales en los sitios, al realizar la comparación entre los periodos de floración y fructificación de las especies con índices de importancia altos y que compartieron el mayor número de sitios (Cuadros 4 y 5), se observó que estos periodos fueron sincrónicos en los diferentes sitios donde se registraba la especie, a excepción de *Eupatorium petiolare* y *Eupatorium pazcuarensis*, para las cuales el periodo de floración en el BC fue asincrónico en relación con el registrado en el BB2 y BB3. Los periodos de fructificación de estas especies, por lo tanto, fueron también asincrónicos. El mismo comportamiento se registró en las especies con periodos continuos regulares e irregulares (Fig. 23).

En general, para las especies, el inicio o término de la floración y/o fructificación presentó un ligero desfaseamiento en los sitios donde se registró cada especie, sin embargo, estos periodos se pueden considerar sincrónicos debido a que se registraron en la misma temporada. Por ejemplo para *Penstemon roseus* y *Stevia salicifolia* el comienzo de la floración fue sincrónico para cada especie, sin embargo, el termino de la floración varió de un sitio a otro entre 15 días a 30 días máximo. Con respecto a las especies que presentaron periodos de floración y/o fructificación continuos regulares o irregulares se observó un patrón asincrónico al compararlos en los diferentes sitios que comparten dichas especies (Fig. 23).

Cuadro 3. Índices de Similitud de los sitios muestreados en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

bb1	bb2	bb3	bc	ms	mp
bb1	0.38	0.4	0.13	0.54	0.66
	bb2	0.57	0.33	0.31	0.36
		bb3	0.42	0.26	0.31
			bc	0	0.075
				ms	0.72
					mp

Cuadro 4. Especies que compartieron más de tres sitios de muestreo en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Especie	bb1	bb2	bb3	bc	ms	mp
Verbesina virgata	X	X	X		X	X
Verbena carolina	X				X	X
Stevia salicifolia	X	X	X		X	X
Senecio praecox			X		X	X
Sedum oxypetalum	X	X			X	X
Salvia mexicana	X	X	X	X		X
Prinosciadium thapsoides	X				X	X
Phaseolus anisotrichus		X		X		X
Penstemon roseus	X	X	X		X	X
Oxalis lunulata	X	X	X		X	X
Muhlenbergia macroura	X				X	X
Loeselia mexicana	X				X	X
Gonolobus chrysanthus	X	X	X			
Fuchsia thymifolia		X	X	X		
Eupatorium picnocephalum	X		X			X
Eupatorium petiolare		X	X	X		
Eupatorium pazcuarensis		X	X	X		
Eupatorium glabratum	X	X	X		X	X
Dahlia coccinea	X	X	X		X	X
Cyperus sesleroides	X				X	X
Commelina coelestis	X				X	X
Castilleja tenuiflora	X				X	X
Bouvardia ternifolia	X	X			X	X

Simbología: **bb1:** borde de bosque 1, **bb2:** borde de bosque 2, **bb3:** borde de bosque 3, **ms:** matorral de Sedum, **mp:** matorral perturbado, **bc:** bosque cerrado

Cuadro 5. Comparación de las especies registradas en los sitios con el Estudio Florístico y de Vegetación del Parque Ecológico de la Ciudad de México realizado por González (1996). El criterio para unir los sitios de muestreo fue conforme a los índices de similitud calculados. Tipo de vegetación*, listado florístico*, número total de especies* e índices de importancia* tomados de González (1996).

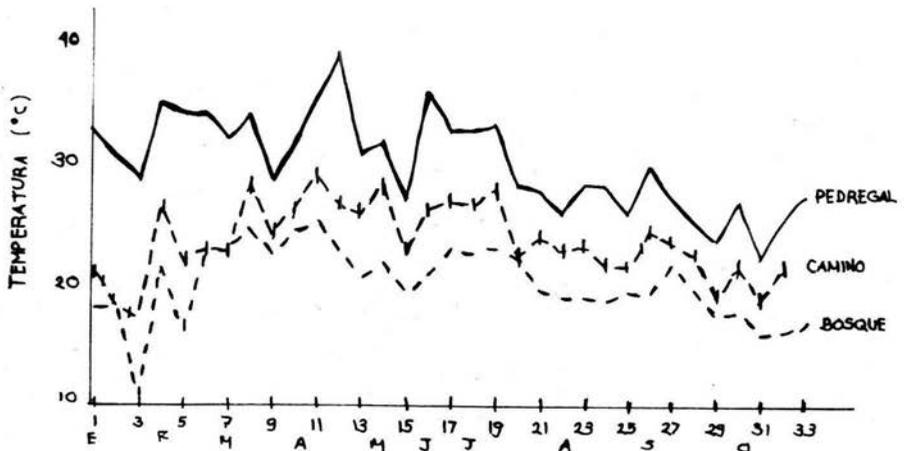
IP (índice de importancia) = Dr (densidad relativa) + Fr (frecuencia relativa) + Cr (cobertura relativa)

sitios de muestreo	# especies en los sitios	# de especies comunes	tipo de vegetación *	# total de especies según listado*	# de especies registradas en los sitios incluidas en el listado florístico*
bb1 y mp	39 y 31	23	matorral xerófilo	139	34 (72%)
bb2 y bb3	16 y 19	10	matorral Sedum-Quercus	47	10 (40%)
ms	25	25	matorral Sedum	70	18 (72%)
bc	14	14	bosque Quercus	89	10 (71%)

sitios de muestreo	tipos de vegetación	especies con índices de importancia altos * registradas en los sitios de muestreo
bb1 y mp	matorral xerófilo	<i>Castilleja tenuiflora</i> , <i>Dahlia coccinea</i> , <i>Eupatorium glabratum</i> , <i>Loeselia mexicana</i> , <i>Muhlenbergia macroura</i> , <i>Penstemon roseus</i> , <i>Piqueria trinervia</i> , <i>Reseda luteola</i> , <i>Sedum oxypetalum</i> , <i>Senecio praecox</i> y <i>Verbesina virgata</i>
bb2 y bb3	matorral Sedum-Quercus	<i>Piqueria trinervia</i> , <i>Eupatorium pazcuarensis</i> , <i>Eupatorium glabratum</i> , <i>Castilleja tenuiflora</i> , <i>Penstemon roseus</i> , <i>Salvia mexicana</i> , <i>Verbesina virgata</i> , <i>Sedum oxypetalum</i> , <i>Senecio praecox</i> y <i>Lamourouxia rhinanthifolia</i>
ms	matorral Sedum	<i>Castilleja tenuiflora</i> , <i>Eupatorium glabratum</i> , <i>Muhlenbergia macroura</i> , <i>Penstemon roseus</i> , <i>Opuntia tomentosa</i> , <i>Piqueria trinervia</i> , <i>Sedum oxypetalum</i> , <i>Senecio praecox</i> , <i>Stevia salicifolia</i> y <i>Verbesina virgata</i>
bc	bosque Quercus	<i>Conopolis sp.</i> , <i>Eupatorium pazcuarensis</i> , <i>Fuchsia thymifolia</i> , <i>Salvia elegans</i> , <i>Salvia mexicana</i> , <i>Salvia microphylla</i> y <i>Senecio barba-johannis</i>

Simbología: bb1: borde de bosque 1, bb2: borde de bosque 2, bb3: borde de bosque 3, ms: matorral de *Sedum*, mp: matorral perturbado, bc: bosque cerrado

AJUSCO MEDIO
TEMP. MAXIMA



TEMP. MINIMA

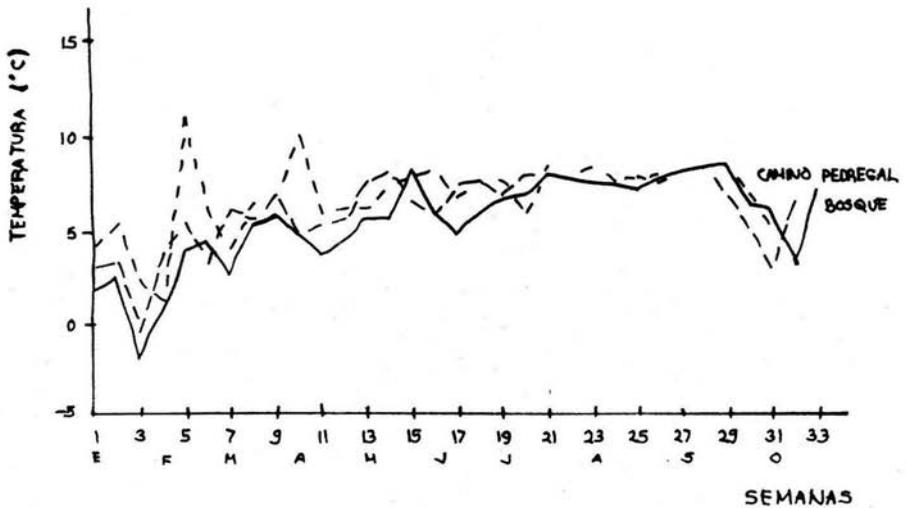


Figura 22. Variaciones microclimáticas en diferentes zonas del P.E.C.M (tomado de Bonfil, 1995).

4.3 Patrones fenológicos globales en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

El mayor número de especies con flor se registró entre finales de las lluvias y principios de las secas de invierno, entre los meses de agosto y diciembre, cuando la temperatura tendió a disminuir lo mismo que los niveles de precipitación y el número de horas-luz. Así, el máximo número de especies con flor (33 especies) se registró en el mes de septiembre, mes en el que se observó la máxima precipitación en el año. Durante las secas de primavera, al decrecer los niveles de precipitación y aumentar la temperatura, entre los meses de enero y febrero, el número de especies con flor disminuyó rápidamente (10 especies) (Fig. 24).

En las secas de invierno, entre los meses de noviembre y enero, cuando los niveles de precipitación fueron mínimos y la temperatura tendió a disminuir gradualmente, se registró el máximo número de especies con fruto (35 especies). En las secas de primavera y la época de lluvias siguiente, entre abril y mayo, el número de especies con fruto disminuyó rápidamente y permaneció más o menos constante (entre 8 y 11 especies). En este período los niveles de precipitación tendieron a aumentar, las temperaturas registradas fueron altas y el número de horas-luz se incrementó (Fig. 24).

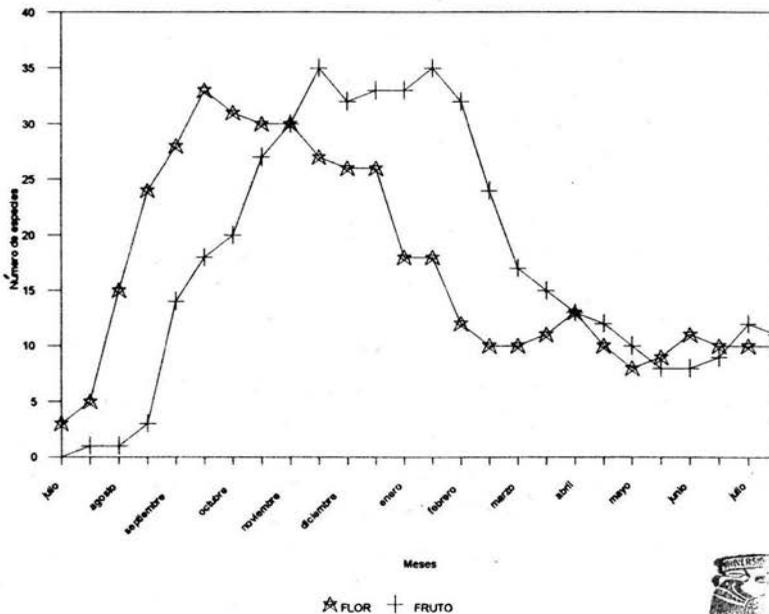


Figura 24. Variación temporal del número de especies herbáceas y arbustivas con flor y/o fruto en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (N=62).



En el P.E.C.M el 84% de las especies presentó patrones estacionales, caracterizados principalmente por florecer una vez al año. El 63% de las especies presentó períodos cortos de floración, el 21% períodos largos, y el 16% restante presentó floración continua regular o irregular a lo largo del año. Con respecto a los patrones de floración temporales, el 27% de las especies floreció a mediados de la época de lluvias, el 35% de las especies presentó flores desde finales de la época de lluvias hasta finales de las secas de invierno, el 16% en las secas de invierno y de primavera, el 5% de las especies presentó flores desde principios de las secas de primavera hasta principio de las lluvias siguientes y el 8% restante en la época de lluvias siguiente (Fig. 25).

La mayor actividad reproductiva en gran parte de las especies herbáceas y arbustivas estudiadas se presentó entre la época de lluvias y las secas de invierno, entre los meses de septiembre y enero. En las especies polinizadas por abejas, mariposas y moscas se registraron amplios períodos de floración, extendiéndose desde julio hasta febrero; sin embargo, el máximo número de especies polinizadas por abejas (21 especies), mariposas (15 especies) y moscas (8 especies) se registró desde finales de las lluvias y principios de las secas de invierno, entre octubre y diciembre. En las especies polinizadas por escarabajos, polillas, aves y por viento no se registraron picos pronunciados de floración como en el caso anterior; sin embargo, la mayor parte del año representaron un recurso floral importante en la comunidad (Fig. 26).

En general, tenemos que las especies entomófilas presentaron flores la mayor parte del año. Sin embargo, el mayor número de especies entomófilas con flor (25 especies) se observó a finales de la época de lluvias y principios de las secas de invierno, entre los meses de septiembre y diciembre, presentando un amplio pico de floración. Las especies ornitófilas y anemófilas florecieron todo el año, para las especies ornitófilas y anemófilas se registró un leve pico de floración de finales de las lluvias hasta principios de las secas de invierno, observándose en septiembre el mayor número de especies ornitófilas y para las anemófilas en las secas de primavera, en diciembre (Fig. 27).

A lo largo del año notamos variaciones en los colores de las flores a nivel comunidad. Así en la época de lluvias se registró la mayor variedad de colores florales, mientras que en la época de secas de invierno predominaron las especies con flores amarillas, blancas y rojas. El número de especies por color floral registrado en las lluvias y en las secas de invierno fue mayor en comparación con el resto del año. En las secas de primavera observamos especies con flores rojas, amarillas, blancas y blancas-rosadas. Sin embargo, el número de especies fue menor en comparación con el registrado en la época de lluvias y en las secas de invierno para flores del mismo color (Fig. 28).

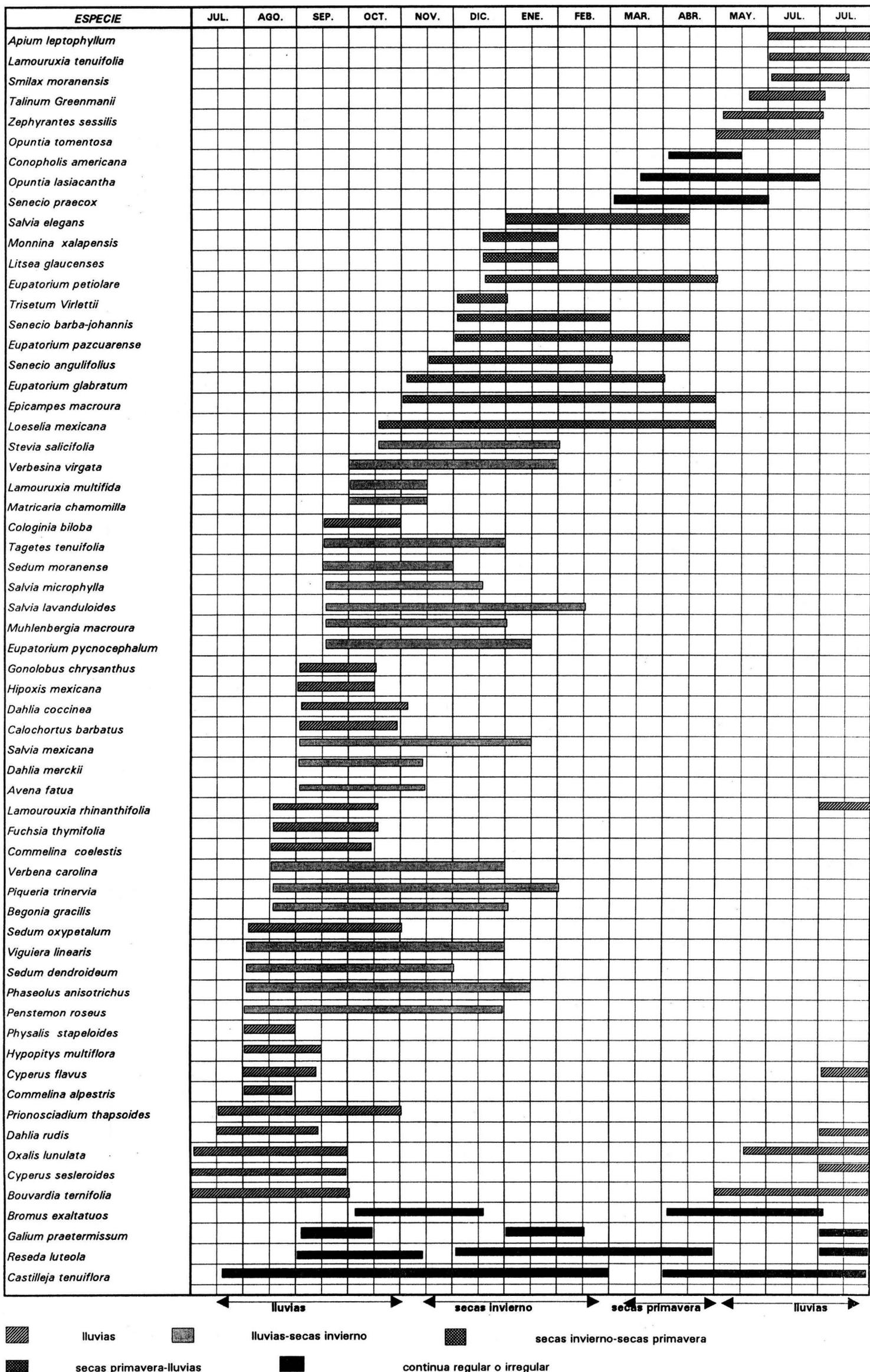


Figura. 25. Períodos de floración de las especies herbáceas y arbustivas en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

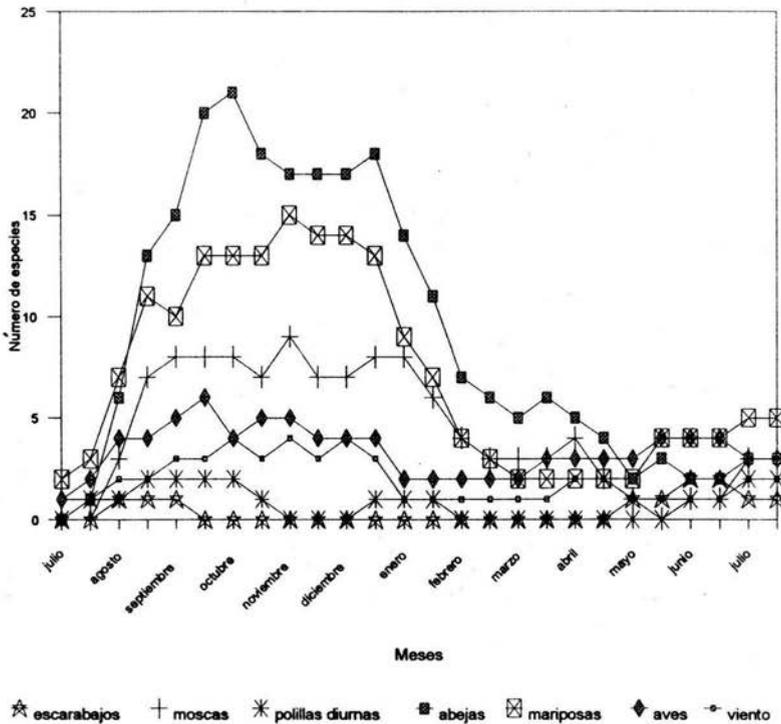


Figura 26. Variación temporal del número de especies polinizadas por viento, insectos (polillas diurnas, abejas, mariposas, escarabajos, moscas) y aves en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Durante gran parte del año el número de herbáceas perennes con flor fue mayor con respecto al número de herbáceas anuales y arbustos. Las herbáceas perennes florecieron a lo largo del año. Sin embargo, la mayor parte de éstas presentaron flores en la época de lluvias, un número menor de herbáceas perennes floreció de finales de la época de lluvias hasta parte de las secas de invierno y otras florecieron en las secas de primavera o en la siguiente temporada de lluvias (Fig. 29).

Los períodos de floración para los arbustos se registraron después de que la mayoría de las herbáceas perennes florecieron, la mayor parte de éstos floreció en las secas de invierno y de primavera. Las herbáceas anuales florecieron entre la última parte de la época de lluvias y las secas de invierno. En las herbáceas perennes se registró el máximo número de especie con flor en la época de lluvias (27 especies), entre los meses de agosto y octubre; en los arbustos el número máximo de especies con flor se observó en las secas de invierno (10 especies), entre los meses de diciembre y enero; en las herbáceas

anuales el número máximo de especies con flores se registró a finales del verano, en el mes de octubre (4 especies) (Fig. 29).

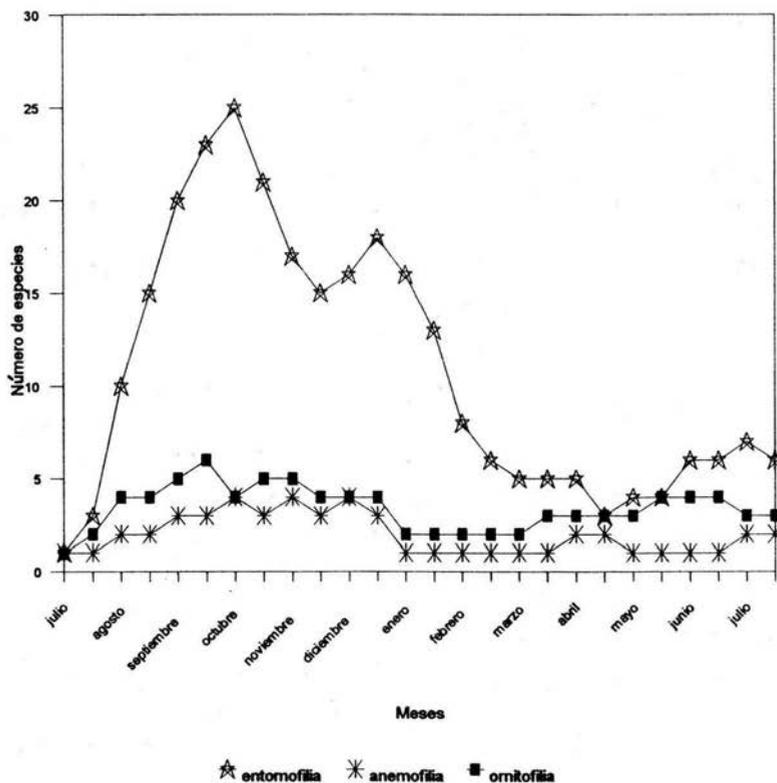


Figura 27. Variación temporal del número de especies polinizadas por insectos (entomofilia), por viento (anemofilia) y por aves (ornitofilia) en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

El grupo de las herbáceas perennes presentó un período de floración más extendido (11 ½ meses) en comparación con el grupo de los arbustos y herbáceas anuales (7 ½ meses), es decir, la floración en las arbustos y herbáceas anuales fue más estacional que en las herbáceas perennes. Sin embargo, los períodos de floración por especie en las herbáceas perennes fueron más cortos (entre 1 mes y 4 ½ meses) que en los arbustos y herbáceas anuales (entre 5 y 7 meses). Así tenemos que la floración en los arbustos fue larga y estacional, en cambio, en las herbáceas perennes los períodos de floración fueron cortos pero escalonados a lo largo de los trece meses de estudio (Fig. 25).

En la figura 30 se observa que el 90% de las especies con fruto presentó períodos sincrónicos de fructificación, en cambio, para el 10% de las especies la fructificación fue asincrónica o no estacional. El 67% del total de las especies tuvo períodos de fructificación cortos y estacionales, el 23% de las especies presentó períodos largos y estacionales, por último el 10% restante fructificó en forma continua regular o irregular la mayor parte del año.

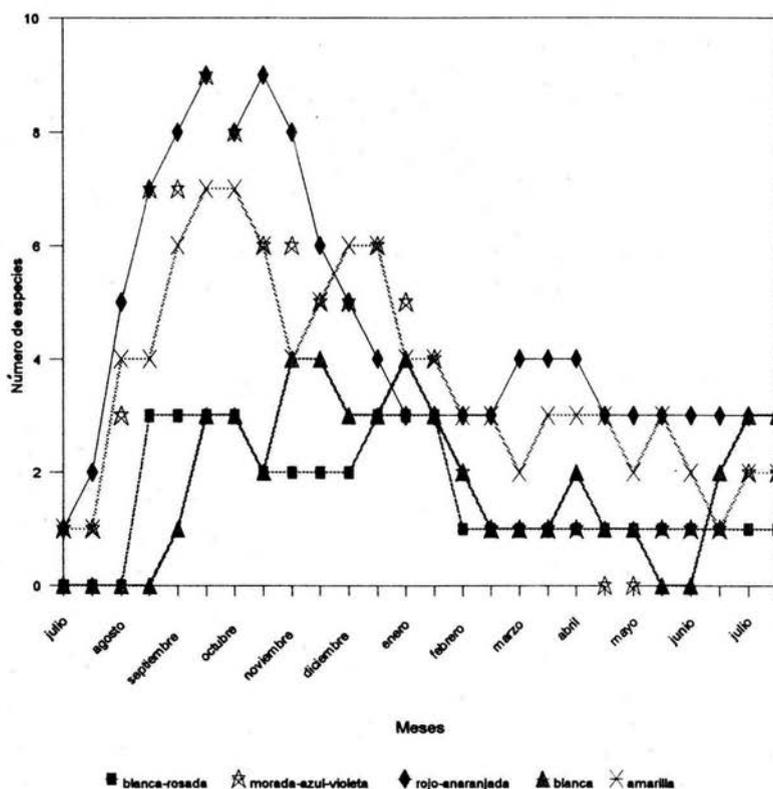


Figura 28. Variación temporal del número de especies agrupadas en relación con el color de flor en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Los patrones de fructificación temporales encontrados fueron los siguientes: el 28% de las especies fructificó de mediados de la época de lluvias hasta las secas de invierno, el 15% de finales de la época de lluvias hasta finales de las secas, el 27% en las secas, el 10% de las especies fructificó de las secas de primavera hasta los primeros meses de la época de lluvias, el 10% presentó frutos en la época de lluvias

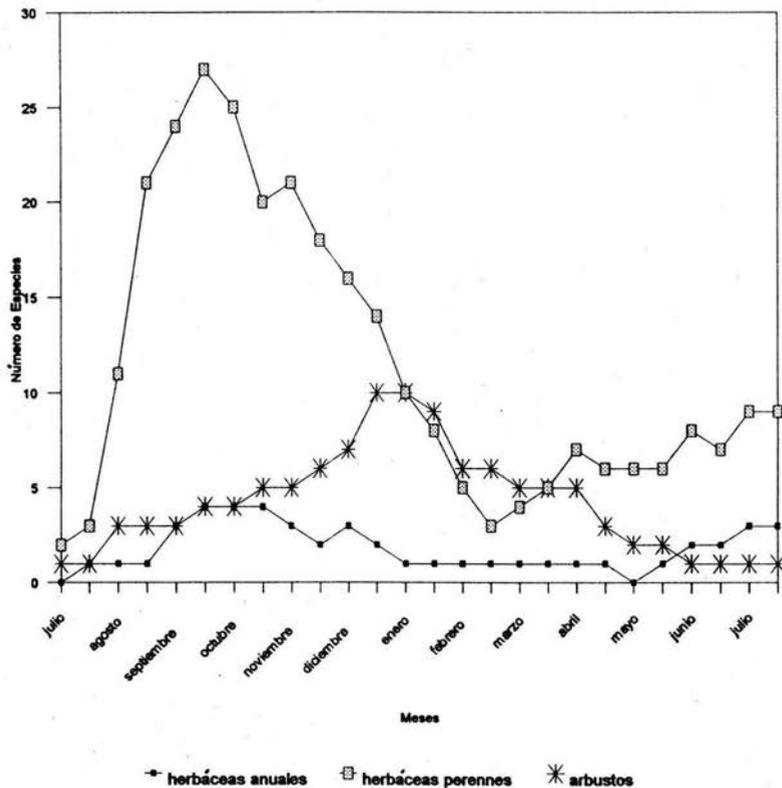


Figura 29. Variación temporal del número de especies con flor agrupadas de acuerdo con su forma de crecimiento en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

siguiente y por último, el 10% restante de las especies fructificó continuamente la mayor parte del año (Fig. 30).

Entre los meses de octubre y noviembre se registraron los picos de fructificación de las especies barócoras (10 especies), las pterócoras (7 especies), las esclerócoras (5 especies) y por último las barócoras (3 especies). Entre enero y marzo se observaron los picos de fructificación, aunque menos pronunciados, para las especies poganócoras (9 especies), las anemócoras (4 especies) y las sarcócoras (3 especies) (Fig. 31).

Desde finales de la época de lluvias hasta finales de las secas de primavera el número de especies anemócoras con fruto fue mayor que el número de las especies zoócoras y de especies dispersadas mecánicamente. El número máximo de especies anemócoras con frutos se presentó en el mes de

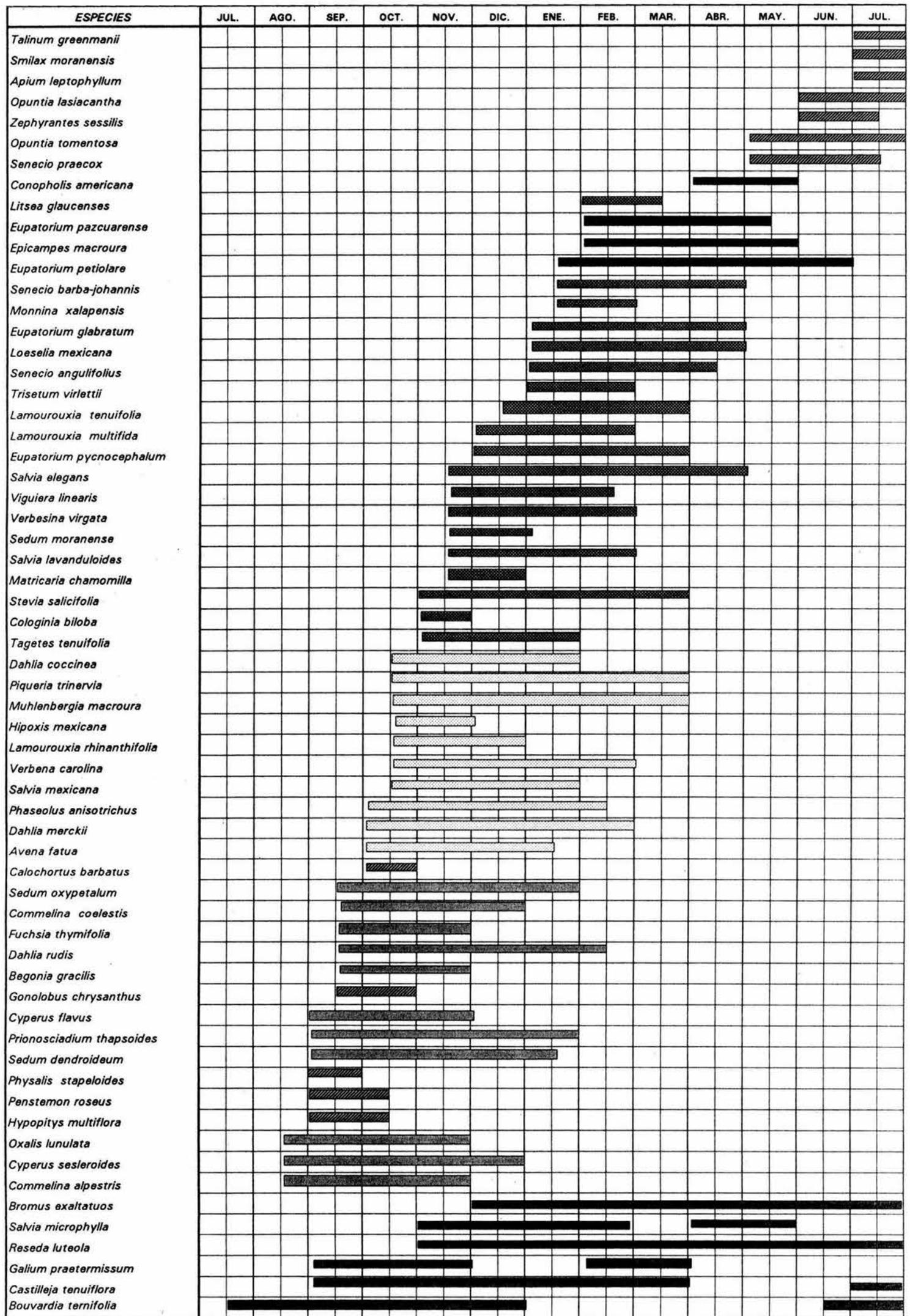


Figura 30. Periodos de fructificación de las especies herbáceas y arbustivas en el Parque Ecológico de la Ciudad de México

noviembre en las secas de invierno (25 especies), sin embargo, presentaron un amplio pico de fructificación de mediados de las secas de invierno hasta las secas de primavera. No se registraron picos pronunciados de fructificación para las especies dispersadas mecánicamente ni para las especies zoócoras, ya que ambas presentaron frutos la mayor parte del año (Fig. 32).

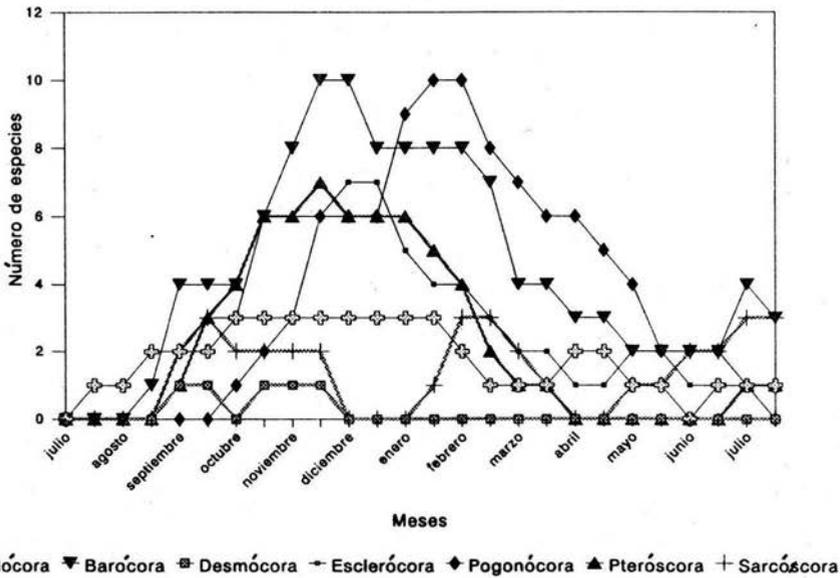


Figura 31. Variación temporal del número de especies agrupadas en relación con el tipo de diáspora en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Al relacionar el síndrome de dispersión y la forma de crecimiento se encontró que en las herbáceas perennes se registraron los tres de tipos de dispersión (por viento, por animales o mecánicamente). Sin embargo, el número de especies herbáceas perennes cuyos frutos fueron dispersados por viento fue mayor que las que los dispersaron por medio de animales o en forma mecánica. Las herbáceas perennes fructificaron en forma escalonada a lo largo del año, no obstante, la mayor parte de ellas fructificaron de finales de la época de lluvia hasta las secas de primavera con periodos de fructificación cortos. En los arbustos el síndrome de dispersión predominante fue la anemocoria (soló dos especies sarcócoras y una balócora). En las especies arbustivas anemócoras se

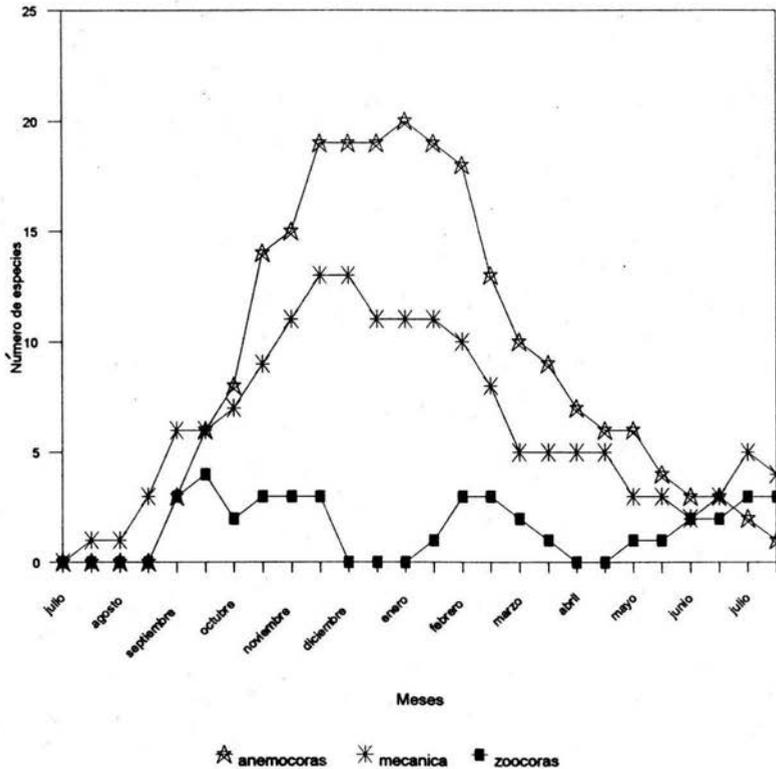


Figura 32. Variación temporal del número de especies dispersadas por viento (anemócoras), animales (zoócoras) y otros mecanismos.

observaron frutos desde mediados de las secas de invierno hasta las secas de primavera. En cambio, las especies arbustivas sarcócoras fructificaron en la época de lluvias siguiente. Los períodos de fructificación para la mayor parte de los arbustos fueron largos. Las herbáceas anuales presentaron frutos la mayor parte del año, el síndrome de dispersión predominante para éstas fue la anemocoria (Fig. 30).

El número máximo de herbáceas perennes con fruto (26 especies) se observó de noviembre a diciembre, en las secas de invierno. En el mes de febrero se registró el número máximo de arbustos con frutos (10 especies), mientras que las herbáceas anuales lo presentaron en el mes de enero (5 especies).

Durante la mayor parte del año el número de herbáceas perennes con fruto fue mayor en comparación con el número de herbáceas anuales y los arbustos. (Fig. 33).

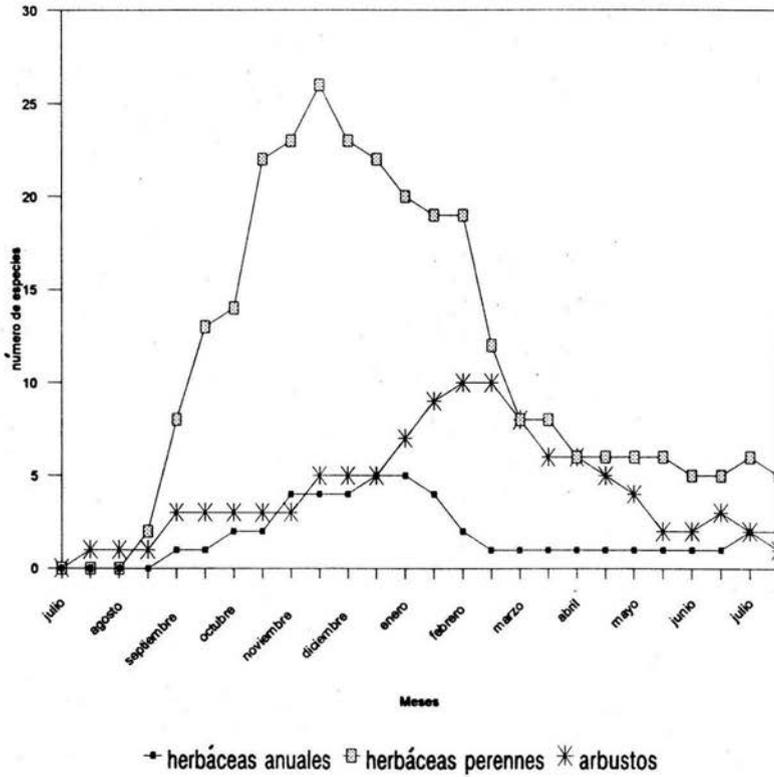


Figura 33. Variación temporal del número de especies con fruto agrupadas de acuerdo con su forma de crecimiento en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

4.4 Fenología y filogenia

En el P.E.C.M se registraron especies miembros de una misma familia que coincidieron con la fecha de inicio de floración en la mayoría de los sitios que compartieron. Estos fueron miembros de las familias Labiateae, Onagraceae, Begoniaceae, Crassulaceae, Rubiaceae Escrofulariaceae y Oxalidaceae (Cuadro 6).

Al comparar los períodos de floración de las especies en relación con su cercanía filogenética, se observó que el grupo de especies miembros de familias consideradas primitivas como la familia Portulacaceae, la Cactaceae y la Lauraceae florecieron entre la época de secas de invierno y las primeras lluvias. Un grupo de familias intermedias tal como Crassulaceae, Leguminosae, Asclepiadaceae y Verbenaceae floreció entre la segunda mitad de la época de lluvias y las secas de invierno, en otro grupo de familias intermedias se registraron flores a largo de la época de lluvias, éstas fueron las familias Umbelliferae, Onagraceae, Oxalidaceae, Solanaceae y Pyrolaceae. El grupo de especies de familias consideradas avanzadas como Cyperaceae, Commelinaceae, Amaryllidaceae y Liliaceae floreció a mediados de la época de lluvias. Otro grupo de especies de familias avanzadas como Graminae, Composite, Rubiaceae y Escrofulariaceae presentó flores la mayor parte del año (Cuadro 6).

Cuadro 6. Fecha de inicio de la floración y períodos de floración de las especies agrupadas por familias en los sitios de muestreo del Parque Ecológico de la Ciudad de México

Familia	bb1	bb2	bb3	bc	me	mp	período de floración
LAURACEAE				feb. I			secas invierno-secas primavera
CACTACEAE					mar. II	jun. I	secas primavera-lluvias
PORTULACACEAE						may. II	lluvias
BEGONIACEAE					ago. II	ago. II	lluvias
RESEDACEAE					sep. I	dic. I	la mayor parte del año
PYROLACEAE				ago. II			lluvias
CRASSULACEAE	ago. I	ago. I	ago. I		ago. I	sep. I	lluvias-secas invierno
LEGUMINOSAE		sep. I	sep. II	dic. I		ago. II	lluvias-secas invierno
ONAGRACEAE		sep. I	sep. I	ago. II			lluvias
POLYGALACEAE				dic. II			secas invierno
OXALIDACEAE	jul. I	jul. I	jul. I		jul. I	jul. I	lluvias
UMBELLIFERAE	ago. II				ago. I	jul. II	lluvias
ASCLEPIADACEAE	ago. II	sep. I	sep. II				lluvias-secas invierno
SOLANACEAE						ago. I	lluvias
POLEMONIACEAE	nov. II				oct. II	nov. II	secas invierno-secas primavera
VERBENACEAE	ago. II				sep. I	ago. II	lluvias-secas invierno
LABIATEAE	sep. I	sep. I	sep. I	oct. II		sep. II	final lluvias-secas primavera
ESCROFULARIACEAE	jul. II	ago. I	ago. I		ago. I	ago. I	la mayor parte del año
DROBANCHACEAE				mar. I			secas primavera-lluvias
RUBIACEAE	jul. I	jul. I	sep. I	sep. I	jul. I	jul. II	la mayor parte del año
COMPOSITAE	ago. II	nov. I	sep. I	dic. I	sep. I	ago. I	la mayor parte del año
COMMELINACEAE	sep. I				sep. I	ago. I	lluvias
CIPERACEAE	ago. II				ago. I	jul. I	lluvias
GRAMINAE	sep. II			dic. I	ago. II	oct. I	la mayor parte del año
LILIACEAE		jul. II			sep. I		lluvias
AMARILLIDACEAE	may. I					sep. II	lluvias

Simbología: bb1: borde de bosque 1, bb2: borde de bosque 2, bb3: borde de bosque 3
 ms: matorral de Sedum, mp: matorral perturbado, bc: bosque cerrado

V. DISCUSIÓN.

5.1 Patrones de floración.

En el Parque Ecológico de la Ciudad de México en la mayor parte de las especies se registró floración simple, es decir, presentaron períodos únicos de floración a lo largo del año, razón por la que las hemos considerado como estacionales. Asimismo, la mayoría de las especies florecieron sincrónicamente en períodos cortos desde finales del verano (septiembre) hasta principios de las secas de invierno (diciembre). También, hubo un menor número de especies que presentaron períodos extensos de floración regulares o irregulares a lo largo del año.

La extensión de la floración refleja la impredecibilidad o el espaciamiento de los recursos. Una gran amplitud de un patrón fenológico parece estar asociada a la falta de diferencias estacionales en recursos o en la disponibilidad de polinizadores. A veces esta gran amplitud está relacionada con el carácter no estacional de la comunidad (Janzen, 1967). Así, por ejemplo, en las zonas donde las condiciones climáticas son severas la floración se concentra en la época de lluvias por períodos cortos, tal como ocurre en las zonas áridas (Mott, 1974, Davies, 1976).

Gentry (1974), Janzen (1967) y Frankel (1977) agruparon a las plantas de acuerdo con la duración de la floración, la cual puede variar desde un día a un año. Janzen (1967) observó que las especies con períodos cortos producirán masas de flores en una floración sincrónica, a lo cual se le conoce como floración en masa. En cambio, las especies con períodos extendidos producen comúnmente pocas flores en un día por períodos largos, también llamada floración esparcida.

Opel *et al.* (1980) observaron el carácter sincrónico de la floración y los períodos de floración simple encontrados en una selva estacional, en cambio, en una selva no estacional encontraron que muchas especies presentan más de un sólo período floral a lo largo del año y una asincronía en la floración de especies con períodos florales simples.

Como en muchas de las especies estudiadas en el P.E.C.M se registraron períodos de floración simples, cortos y en su mayoría sincrónicos, se corrobora el carácter estacional de esta comunidad. Sin embargo, se reportaron algunas especies con varios períodos de floración extendidos y asincrónicos, siendo este comportamiento fenológico parecido al de las especies de una comunidad tropical.

La presencia de estos comportamientos fenológicos en el P.E.C.M quizá se explique por la existencia de numerosas especies que tienen una distribución fitogeográfica ya sea tropical, templada, tropical-templada o cosmopolita, debido a que esta zona forma parte del corredor biológico Chichinautzin-Ajusco, siendo el principal flujo de las plantas por diferentes vías (animales incluyendo al hombre, viento y agua) y el punto de transición entre la región tropical y la templada (González, 1996).

Los períodos cortos de floración, característicos de bosques templados ocurren en la época donde se presentan los mayores recursos. En cambio, en una comunidad tropical por su diversidad de nichos y su relativa estabilidad climática, se presenta una serie ininterrumpida de especies con flores todo el año. Las zonas que presentan especies representantes de estas dos formas de comportamiento fenológico se encuentran en una posición intermedia entre estos dos tipos de comunidades (Hernández y Carreón, 1987). Se podría inferir que el P.E.C.M presenta un comportamiento fenológico intermedio, sin embargo, el número de especies observadas en este estudio que afirmarían esta suposición (especies con floración continua a lo largo del año) es mucho menor comparado con el de especies de floración estacional y sincrónica.

Croat (1969) en una selva estacional en Panamá y Hernández y Carreón (1987) en un estudio realizado en un bosque mesófilo estacional templado en Pazcuaro agruparon a las especies de acuerdo con su comportamiento fenológico, clasificándolas acorde a la época de floración y/o fructificación y a la duración de estas fenofases, obteniendo así los patrones fenológicos. En el P.E.C.M los períodos de floración de la mayor parte de las especies se registraron de mediados de la época de lluvias hasta finales de ésta (35%) y de finales de las lluvias hasta finales de las secas de invierno (27%). Así, se registró el número mayor de especies con flor en la época de lluvias (53%), en este período se registraron altas temperaturas y altos niveles de precipitación. También en la época de secas de invierno (con bajas temperaturas y bajos niveles de precipitación) se registró un número considerable especies con flor (26%) aunque menor al observado en las lluvias, registrándose en el parque un pico amplio de floración que abarcó de mediados de las lluvias hasta finales de las secas de invierno.

Podemos comparar los comportamientos fenológicos observados con los reportados por Castillo y Carabias (1982) y Hernández y Carreón (1987), los cuales observaron el pico máximo de floración a mediados de la época de lluvias. Sin embargo, Meave *et al.* (1994), Smith y Armesto (1994) y Morellato y Leitao-Filho (1996) reportaron un comportamiento fenológico más parecido al observado en el P.E.C.M. En zonas tropicales resultados contrarios fueron reportados por Croat (1969), Janzen (1967) y Castillo y Guevara (1985) quienes observaron el mayor número de especies con flor en la época de secas (Cuadro 7).

En el P.E.C.M el menor número de especies con flor se registró en la época de secas de primavera, en este período se registraron las más altas temperaturas y los más bajos niveles de precipitación. Este comportamiento fenológico fue parecido al obtenido por Castillo y Carabias (1982), Hernández y Carreón (1987), Meave *et al.* (1994), Smith y Armesto (1994) y Morellato y Leitao-Filho (1996) (Cuadro 7).

Destaca en especial el trabajo realizado por Meave *et al.* (1994) en donde la similitud del comportamiento fenológico observado probablemente se explique debido a que en el pasado reciente eran comunidades contiguas, de modo que el P.E.C.M forma parte del llamado pedregal medio y la Reserva Ecológica del Pedregal forma parte del pedregal bajo.

Cuadro 7. Periodos de floración observados en zonas templadas y tropicales.

Lugar	Vegetación	Clima	Período con mayor número especies con flor	Período con menor número especies con flor	Referencias
Veracruz, México	dunas costeras	tropical	lluvias	secas	Castillo y Carabias (1982)
Pázcuaru, México	bosque mesófilo	templado	lluvias	secas	Hernandez y Carreón (1987)
Veracruz, México	selva alta	tropical	secas	lluvias	Castillo y Guevara (1985)
Costa Rica	bosque seco estacional	tropical	secas	lluvias	Janzen (1967)
Barro Colorado, Panamá	selva baja caducifolia	tropical	secas	lluvias	Croat (1969)
Santa Genebra, Brasil	selva semidecidua	tropical	mediados de lluvias y principio de secas	mediados de secas	Morellato y Leitao-Filho, (1996)
Chiloe, Chile	bosque	templado	mediados de lluvias y principio de secas	mediados de secas	Smith y Armesto (1994)

5.1.1 Síndromes de polinización. En las especies herbáceas y arbustivas observadas en el año de estudio, el síndrome de polinización predominante fue la entomofilia, seguido por la ornitofilia y la anemofilia. Para las especies entomófilas los principales polinizadores fueron las abejas y las mariposas y para la especies ornitófilas lo fueron los colibríes.

Hernández y Carreón (1987) reportaron resultados semejantes para las especies de los estratos arbustivo y herbáceo, con un claro predominio de las entomófilas, siendo la melitofilia (polinización por abejas) el síndrome de polinización más común. las especies entomófilas del P.E.C.M registraron los picos de floración más pronunciados y estacionales respecto a las especies ornitófilas y anemófilas, la mayor actividad de los agentes polinizadores se registró en la época de secas, siendo este patrón fenológico semejante al reportado por Smith y Armesto (1994) (Cuadro 8). Sin embargo, al elaborar

tablas de contingencia no se encontraron diferencias significativas con respecto a la estacionalidad de la floración de las especies entomófilas, anemófilas y ornitófilas ($X^2c=4.06$, $g.l^{\circ}=2$, $p < 0.05$, $X^2t=5.99$).

Janzen (1967), Percival (1974) y Ewsie (1980) encontraron un significado biológico en relación con la caída de hojas antes de la floración, ya que de esta forma se facilita la polinización, exponiendo las flores a los polinizadores o facilitando la dispersión de polen por el viento. También Hernández y Carreón (1987) reportaron que el período de mayor actividad para los polinizadores de un bosque templado fue la época de secas, ya que de otra manera la actividad de los polinizadores se vería reducida por las lluvias, además de que éstas podrían tener efectos destructivos en las flores. Estos autores plantean la posibilidad de que los insectos antófilos, que presentan una gran actividad después de las lluvias, hayan actuado como factores selectivos en el desarrollo de este patrón fenológico de la comunidad.

Una comunidad vegetal de clima templado posee elementos básicamente anemófilos y entomófilos, en cambio, las comunidades típicamente tropicales incluyen una enorme diversidad de síndromes de polinización (Hernández y Carreón, 1987). Daubennire (1972) al realizar una comparación de los vectores del polen de un bosque deciduo del trópico y de un bosque deciduo templado, encontró que en el primero la polinización fue por animales y en el segundo por viento. En el P.E.C.M, como en muchos de los bosques de clima templado de México, se incluye una combinación de elementos florísticos de afinidades neárticas y neotropicales, ubicando a éstos en una posición intermedia en cuanto a su comportamiento reproductivo, como lo es la polinización.

Cuadro 8. Comparación de los patrones de polinización en dos bosques templados.

Lugar	Síndromes polinización observados	Síndrome de polinización predominante	Época de mayor actividad de los polinizadores	Referencias
Bosque Templado Pázcuaró, Michoacán	entomofilia, ornitofilia y anemofilia	entomofilia (abejas)	secas, con una marcada estacionalidad para especies entomófilas	Hernández y Carreón (1987)
Bosque Templado Chiloe, Chile	entomofilia y ornitofilia	entomofilia (abejas y mariposas)	secas, especies entomófilas más estacionales que las ornitófilas.	Smith y Armesto (1994)

5.1.2 Formas de crecimiento. En el P.E.C.M la duración de la floración para el grupo de herbáceas perennes fue mayor (registrándose durante el año por lo menos una herbácea perenne con flor) que para el grupo de los arbustos y herbáceas anuales (entre 6 y 8 ½ meses); la floración de las herbáceas perennes se diferenció de las otras formas de crecimiento porque su floración fue extensa, en comparación con la floración estacional de arbustos y herbáceas anuales. En cambio, al comparar individualmente los períodos de floración de herbáceas anuales y arbustos, tenemos que éstos fueron más amplios (mayor de 4 ½ meses) que para las herbáceas perennes. Estas diferencias fenológicas relacionadas con la forma de crecimiento han sido reportadas también por Sobrevila (1978), Opler *et al.* (1980), Frankie (1980) y Smith y Armesto (1994) (Cuadro 9).

En el P.E.C.M. se registró un claro desfase en la época de floración de las especies herbáceas perennes, de las herbáceas anuales y de las arbustivas. Las herbáceas perennes y las herbáceas anuales presentaron flores durante la época de lluvia y principios de las secas y las arbustivas en las secas, por lo que las herbáceas perennes florecieron en su mayoría antes que las arbustivas aprovechando la época de mayores recursos. Al elaborar las tablas de contingencia se encontraron diferencias significativas con respecto a la época de floración de herbáceas perennes, herbáceas anuales y arbustos, comprobando la estacionalidad de la floración respecto a las formas de crecimiento ($X^2c=8.91$, $g.f=2$, $p<0.05$, $X^2t=5.99$).

El desfase en la floración con respecto a las formas de crecimiento fue reportado por Croat (1969), Sobrevila (1978) Opler *et al.* (1980), Frankie (1980), Carabias y Guevara (1985), Hernández y Carreón (1987) y Smith y Armesto (1994) (Cuadro 9).

El desfase de la época de floración de las diferentes formas de crecimiento marca una clara diferencia entre los nichos temporales que las herbáceas perennes, herbáceas anuales y arbustos ocupan de acuerdo con sus épocas de floración, lo que a su vez se traduce en una mayor disponibilidad de los recursos energéticos, ya sea en forma de néctar y/o de polen para los polinizadores que dependen de la comunidad (Hernández y Carreón, 1987; Croat, 1969).

5.2 Patrones de fructificación.

La mayor parte de las especies observadas en el P.E.C.M presentaron períodos simples y sincrónicos de fructificación. En la época de secas de invierno se presentó el mayor número de especies con fruto. En cambio, a principios de la época de lluvias siguiente el número de especies con fruto fue mínimo. Este resultado fue parecido al obtenido por Meave *et al.* (1994) y Janzen (1967). Sin embargo, estos resultados contrastan con lo obtenido por Castillo y Carabias (1982), Carabias y

Guevara (1985) y por Smith y Armesto (1994) quienes reportaron un incremento en el número de especies con fruto a medida que las lluvias fueron intensificándose (Cuadro 10).

Se cree que la diferencia con respecto a la época propicia para la dispersión de los frutos puede estar dada por el tipo de fruto predominante en esas zonas y en consecuencia, a la época adecuada para su dispersión (Lieberman, 1982).

Cuadro 9. Patrones de floración con relación a las formas de crecimiento.

Lugar	Duración de la floración	Duración de la floración por grupos	Floración respecto a la forma de crecimiento	Referencias
Bosque Templado Chiloe, Chile	herbáceas: corta (menos de 6 meses) Arboles y Arbustos: larga (entre 6 y 8 meses)	herbáceas: extensa (la mayor parte del año) Arboles y Arbustos: larga pero estacional	desfasada, primero herbáceas luego arbustos y arboles	Smith y Armesto (1994)
Bosque Seco, Costa Rica	herbáceas: corta (menos de 6 meses) Arboles y Arbustos: larga (entre 6 y 8 meses)	herbáceas: extensa (la mayor parte del año) Arboles y Arbustos: larga pero estacional	primero herbáceas y después arbustos	Opler <i>et al.</i> (1980) Frankie (1980)
Bosque Mesófilo, México	-----	-----	primero las herbáceas seguidas de los árboles y por último los arbustos	Hernández y Carreón (1987)
Bosque de Neblina, Venezuela	herbáceas: corta (menos de 6 meses) Arboles y Arbustos: larga (entre 6 y 8 meses)	herbáceas: extensa (la mayor parte del año) Arboles y Arbustos: larga pero estacional	la mayoría de herbáceas florecieron antes que arboles y arbustos	Sobrevila (1978)
Selva Seca, Panamá	-----	-----	herbáceas florecieron antes que las arbustivas	Croat (1987)
Selva Húmeda, México	-----	-----	desfasado primero árboles y luego arbustos	Carabias y Guevara (1985)

5.2.1 *Síndromes de dispersión.* El síndrome de dispersión predominante en las especies herbáceas y arbustivas observadas en el P.E.C.M fue la anemocoria, es decir, la mayor parte de las diásporas fueron dispersadas por el viento. Los períodos de fructificación para las especies anemócoras fueron en su mayoría, en la época de secas de invierno y de primavera.

Según Croat (1969) al bajar los niveles de precipitación en la estación seca se provocará un marcado incremento en la caída de hojas, de manera que la cobertura de la vegetación será menor por lo que la intensidad del viento tendrá un efecto positivo para la dispersión en las especies anemócoras.

Castillo y Carabias (1982) han reportado resultados semejantes en una zona de dunas en Veracruz donde las diásporas con modificaciones especiales para ser dispersadas por el viento (pogonócoras, pterócoras y esclerócoras) se produjeron en mayor número en la época en que los vientos del norte fueron más fuertes. También en un bosque seco en Costa Rica (Frankie *et al.*, 1974) y en una selva decidua en Venezuela (Ruiz, 1976), se reportó para las especies anemócoras la máxima producción de frutos antes de la estación de lluvias, es decir, en la estación seca del año.

Cuadro 10. Períodos de fructificación observados en zonas templadas y tropicales.

Lugar	Vegetación	Clima	Período con mayor número de especies con fruto	Período con menor número de especies con fruto	Referencia
Veracruz, México	dunas costeras	tropical	lluvias	principio de secas	Castillo y Carabias (1982)
Veracruz, México	selva alta	tropical	lluvias	secas	Carabias y Guevara (1985)
Costa Rica	selva caducifolia	tropical	final de las secas	lluvias	Janzen (1967)
Padregal de San Angel, D.F (pedregal bajo).	matorral xerófilo	templado	de final de las lluvias a principios de secas	principio de lluvias	Meave <i>et al.</i> , (1994)
Chiloe, Chile	bosque	templado	lluvias	final de secas	Smith y Armesto (1994)

Janzen (1967) reportó para una selva tropical seca, que las especies dispersadas por viento tendieron a madurar sus frutos en la estación seca, en cambio, las especies con frutos carnosos maduraron sus frutos en cualquier otra época de año, concentrándose principalmente en la estación más húmeda. Lieberman (1982) reportó resultados semejantes en una selva tropical seca y en un pastizal en Ghana, en donde las especies con frutos secos fructificaron en la estación seca o cerca del final de la estación seca y fueron dispersados por viento y los frutos carnosos dispersados por animales se encontraron en la estación seca y húmeda, siendo más abundantes en la estación húmeda cuando los niveles de humedad fueron suficientes para la maduración.

Las especies anemócoras del P.E.C.M fueron más estacionales que las especies zoócoras. Smith y Armesto (1994) observaron un comportamiento similar en las especies anemócoras ya que presentaron un patrón más estacional que las zoócoras, siendo los picos de fructificación más pronunciados para las especies que se dispersaron por viento que para las especies que fueron dispersadas por animales, las cuales tendieron a concentrar la producción de frutos en el verano que es cuando la migración de frugívoros fue grande. Sin embargo, para el parque al elaborar la tabla de contingencia no se obtuvieron diferencias significativas en relación con los síndromes de dispersión, se tendría que observar un mayor número de especies para poder corroborar la estacionalidad de la fructificación en la zona ($X^2_c = 0.8782$, $g.F = 2$, $p < 0.05$, $X^2_t = 5.99$).

Smith y Armesto (1994) observaron que los síndromes de dispersión tuvieron efecto significativo en cuanto a la duración de la floración y de la fructificación. Así, por ejemplo, las especies anemócoras tienen periodos cortos de maduración y dispersan sus frutos antes de la llegada de las lluvias por lo que el tiempo de permanencia y maduración de los frutos y la época en la cual se presentan, podría reflejar el periodo en que las condiciones ambientales pueden influir en el éxito de la dispersión en relación al tipo de diáspora (Janzen, 1967; Croat, 1975).

En el P.E.C.M no se observó un pico pronunciado para las especies de frutos carnosos debido a que fueron registradas muy pocas especies con este tipo de fruto. Sin embargo, el periodo de fructificación de éstas se registró en la época de lluvias. En muchas de las especies anemócoras los periodos de fructificación fueron cortos, en cambio, para las especies que presentaron frutos carnosos los periodos de fructificación fueron más largos.

5.2.2 Formas de crecimiento. En el P.E.C.M la mayor parte de las especies herbáceas perennes y herbáceas anuales fueron anemócoras, con periodos de fructificación cortos para las herbáceas perennes y largos para las herbáceas anuales. Las especies arbustivas presentaron diásporas anemócoras y

zoócoras con períodos de fructificación largos. En relación a la forma de crecimiento y a la presencia de frutos se observaron diferencias significativas al elaborar las tablas de contingencia comprobando que la fructificación de arbustos, herbáceas perennes y herbáceas anuales fue estacional para cada una de estas formas de crecimiento ($X^2c=9.11$, $g.f.=2$, $p < 0.05$, $X^2t=5.99$). Sin embargo, Smith y Armesto (1994) en un bosque templado en Chile, no observaron diferencias significativas en los patrones de fructificación en relación con las formas de crecimiento, con excepción de algunos arbustos que maduraron sus frutos durante la primavera y principios del verano. Lo mismo reportaron Lieberman (1982) y Ruiz (1976) en una selva tropical seca de Ghana y en Venezuela, respectivamente.

En el Parque Ecológico de la Ciudad de México los períodos de floración y de fructificación de las especies herbáceas y arbustivas, además de presentar los patrones descritos anteriormente, se presentan de manera escalonada a lo largo del año. A este tipo de comportamiento Rzendowski (1954), Castillo y Carabias (1982) y Meave *et. al* (1993) lo llaman de intensidad diferencial, por lo que en el P.E.C.M, no obstante su carácter sincrónico, en ninguna época del año se dejó de registrar por lo menos una o varias especies con flores y/o frutos, asegurando así recursos alimenticios para los animales de la comunidad todo el año.

5.3 Comparación de los diferentes sitios.

La diversidad topográfica, el efecto diferencial de los factores físicos sobre ella, la conformación de varias zonas en agrupaciones florísticas características y la gran diversidad de especies, entre otros factores, dan como resultado un amplio conjunto de patrones fenológicos en las diferentes zonas que conforman una comunidad (Castillo y Carabias, 1982).

Después de una perturbación o disturbio las comunidades bióticas se modifican constantemente hasta alcanzar una organización estructural más compleja y relativamente estable a través del tiempo (vegetación seral o madura), proceso denominado sucesión secundaria. Este tipo de sucesión se presenta cuando el disturbio no alcanza a eliminar a todos los componentes vivos de la comunidad ni a destruir el suelo, dando lugar con el paso del tiempo al tipo de vegetación original (Cano-Santana y Meave, 1996).

En zonas establecidas o con vegetación madura o seral la floración tiende a tener períodos más cortos, en cambio en las zonas no establecidas, como aquellas que han sufrido una perturbación o disturbio, la floración es más larga o continua. El comportamiento fenológico en las agrupaciones florísticas de hábitats contrastantes como es el de las zonas perturbadas con baja humedad, altas temperaturas del sustrato y poca materia orgánica se asemeja a los patrones de las comunidades de

zonas áridas. A medida que las zonas perturbadas tiendan a restablecerse, los períodos de floración y de fructificación serán mas cortos y estacionales (Mott, 1974; Davies, 1976).

Heinrich (1976) observó los períodos de floración de las especies de tres hábitats en una comunidad vegetal en Maine. Este autor encontró diferencias en el comportamiento fenológico de estos tres hábitats, así reportó varios picos de floración de las herbáceas nativas de un pantano, los cuales fueron igualmente espaciados a lo largo del verano. La floración de las especies nativas del bosque se concentró en la primavera, cuando los árboles ya habían perdido sus hojas y, por último, en el hábitat perturbado, al cual pertenecen muchas especies introducidas, el pico de floración se concentró a mediados del verano. La duración de la floración varió entre estos tres hábitats, de manera que las herbáceas del bosque florecieron por 18 días en promedio, las herbáceas del pantano 32 días y las plantas del hábitat perturbado de 45 a 50 días.

No obstante la perturbación sufrida en la vegetación del P.E.C.M, González (1996) reportó que el 71.52% del total de las especies de la zona son nativas y el 16.9% son introducidas, por lo que se considera que el parque es una zona bien conservada, sin embargo, en los sitios muestreados se observaron diferentes comportamiento fenológicos quizá debido a la composición florística que en particular presentaron éstos.

En el BB3 y el BC del P.E.C.M, con índice de similitud florística de 0.42 (42%), los períodos de floración y de fructificación de las especies observadas fueron cortos (menores a 4 ½ meses) y de una marcada estacionalidad, lo cual sugiere que son zonas más maduras o zonas donde el proceso sucesional ha avanzado más. En el MP varias especies presentaron períodos largos o continuos (regulares o irregulares) de floración y/o fructificación, en el MP se registraron 7 especies y en el MS 5 especies, por lo que se sugiere son zonas no establecidas o que tienden a establecerse, el porcentaje de similitud de estas dos zonas fue de 0.72 (72%), lo que indica que son florísticamente muy semejantes, también en este grupo se incluye el BB1 cuyos índices de similitud fueron 0.54 (54%) y 0.66 (66%) al compararlo con el MS y el MP respectivamente.

El BB2 fue ubicado en una posición intermedia respecto a los grupos anteriormente mencionados. Florísticamente fue más semejante al BB3 (57%) y al BB1 (40%), sin embargo, con las demás zonas los índices de similitud fueron bajos, no obstante fue agrupado con los sitios no establecidos debido a la proximidad del comportamiento fenológico registrado en estas zonas.

Así tenemos que para zonas más maduras como es el caso del BB3 y el BC, el mayor número de especies floreció en las secas de invierno y el menor en secas de primavera y principios de las lluvias. Resultados semejantes obtuvieron Smith y Armesto (1994), Heinrich (1976) y Croat (1969).

En zonas menos establecidas como el MP, MS y el BB1 y BB2, el período con mayor número de especies fue en las lluvias y el menor número de especies con flor se registró en las secas de primavera. Este resultado fue similar al reportado por Heinrich (1976) y Castillo y Carabias (1982).

Con respecto a la variación espacial y temporal de los períodos de floración y fructificación de las especies, no encontramos algún patrón general que relacionara el inicio de la floración o fructificación con la presencia de éstas en los diferentes sitios, a excepción de *Senecio praecox* que presentó flores primero en el MS, después en el MP y por último en el BB1. El mismo patrón se observó en *Commelina coelestis* y *Cyperus sesleroides* las cuales florecieron primero en el MP, después en el MS y por último en el BB1. Estas diferencias en el tiempo de inicio de la floración quizá sean dadas por fluctuaciones de temperatura y/o humedad en los diferentes sitios, a la altitud o al fotoperíodo, sin embargo, será necesario hacer observaciones fenológicas y microclimáticas más específicas.

En la mayor parte de los sitios el síndrome de polinización predominante fue la entomofilia, seguida de la ornitofilia y por último la anemofilia, a excepción del BB2 y BB3, en los cuales no se registraron especies anemófilas.

En el BB3 y en el BC el síndrome de dispersión predominante fue la zoocoria (diásporas desmócoras y sarcócoras). Este comportamiento fenológico fue similar al encontrado por Castillo y Carabias (1982) y Ros (1983) quienes reportaron para comunidades en estado sucesional avanzado el predominio de especies zoócoras.

En las zonas menos maduras del P.E.C.M., esto es, el MP, el MS y los BB1 y BB2, la mayor parte de las especies fueron anemócoras, resultado semejante obtenido por Castillo y Carabias (1982) y Ros (1983) quienes reportaron en zonas menos establecidas un mayor porcentaje de especies anemócoras.

La mayor parte de las especies en las zonas menos establecidas fueron herbáceas perennes y algunas herbáceas anuales y arbustivas, mientras que en las zonas más maduras la proporción de arbustivas fue mayor que de herbáceas perennes y anuales. Resultados similares fueron reportados por Croat (1969), Janzen (1967), Opler *et al.* (1980), Kochmer y Handel (1986), Smith y Armesto (1994) y González (1996).

Al encontrar semejanzas fenológicas y florísticas entre el MP, BB1 y el MS podemos inferir que este último no es un tipo de vegetación madura, sino que también fue perturbado y se encuentra en estado de sucesión secundaria.

5.4 **Filogenia y fenología.**

La relación filogenética de las familias tiene un efecto significativo sobre la iniciación de la floración y la máxima producción de flores, en cambio, no tiene un efecto significativo sobre los patrones de fructificación (Smith y Armesto, 1994). Kochmer y Handel (1986), al hacer una comparación entre los tiempos de floración de dos comunidades en Hunshu (Japón) y en Carolina del Norte (E.U.A), reportaron que los tiempos de floración de las familias de ambas comunidades están relacionados con la filogenia y la historia de vida. Estos autores encontraron que el tiempo de inicio de la floración de las familias fue estadísticamente indistinguible para las dos floras, por lo que concluyeron que el tiempo de inicio de la floración está restringido filogenéticamente. Así tenemos que en el P.E.C.M en algunas familias la fecha de inicio de la floración no varió entre miembros de una misma familia en los diferentes sitios.

Al agrupar a las especies filogenéticamente, se encontró que floreció a lo largo del año primero el grupo de especies de familias más primitivas, después las intermedias y por último de algunas familias más avanzadas.

Este resultado es comparable al obtenido por Jackson (1966) en un bosque templado, en donde la relación filogenética de las familias estuvo correlacionada con el tiempo de floración, es decir, las especies de familias consideradas primitivas florecieron a principios de la primavera, las de familias intermedias a la mitad del verano y las más avanzadas en el otoño.

VI. CONCLUSIONES

El estudio fenológico reproductivo de algunas especies del Parque Ecológico de la Ciudad de México nos ha permitido comprender mejor algunos aspectos de la dinámica estacional de esta comunidad.

Así, en el P.E.C.M la mayor parte de las especies estudiadas fueron sincrónicas, este tipo de comportamiento fenológico es característico de especies de comunidades templadas estacionales. Sin embargo, algunas especies presentaron un comportamiento asincrónico, semejante al que se observa en especies de comunidades tropicales no estacionales.

Se piensa que una de las causas de la presencia de especies con estos comportamientos fenológicos sea probablemente la situación biogeográfica del parque, el cual se encuentra en la zona de transición Neártica y Neotropical, siendo esta zona el punto de encuentro de especies de origen templado, desértico y tropical. Otra probable causa es atribuida a la perturbación sufrida en la zona, ya que en una zona perturbada se registra la consecuente presencia de especies introducidas, las cuales al no contar con una historia de vida acoplada con el nuevo hábitat o con las especies originarias, presentan períodos continuos de floración y fructificación y así pueden disponer continuamente de agentes polinizadores y/o dispersores.

En relación al síndrome de polinización, en una comunidad templada se presentan básicamente elementos entomófilos y anemófilos, en cambio, en una comunidad tropical predominan elementos entomófilos y ornitófilos. En el P.E.C.M predominaron las especies entomófilas, sin embargo, se registró un número considerable de especies ornitófilas y anemófilas. Como vemos, el parque en este aspecto se encuentra en una posición intermedia entre estos dos tipos de comunidades.

El desfaseamiento de la época de floración y de fructificación respecto a la forma de crecimiento mostró las diferentes estrategias de vida que presentaron las especies, evitando de esta manera la competencia por los nutrimentos y/o por los agentes polinizadores y/o dispersores. Los síndromes de dispersión tuvieron un efecto significativo con respecto al tiempo de permanencia y maduración de los frutos y a la época en la cual se presentaron, reflejando así, el período en que las condiciones ambientales influyeron en el suceso de la dispersión en relación al tipo de diáspora.

Estos comportamientos fenológicos reproductivos son característico de comunidades donde los recursos varían a lo largo del año, como es el caso de las comunidades templadas o tropicales estacionales.

En el P.E.C.M se observó en general un comportamiento fenológico semejante al de comunidades estacionales, sin embargo, presentó algunos elementos característicos de comunidades no estacionales.

No obstante el carácter sincrónico o estacional de la mayor parte de las especies observadas en el P.E.C.M, en ninguna época del año se dejó de registrar por lo menos una o varias especies con flores y/o frutos, asegurando así, recursos alimenticios para los animales de la comunidad todo el año, a este comportamiento se le denomina de intensidad diferencial.

En relación a la fenología reproductiva por sitios, encontramos que se presentan diferentes patrones fenológicos en cada uno de éstos, lo que nos lleva a suponer que se encuentran en diferentes estados sucesionales. De los seis sitios establecidos, el BB3 y el BC presentaron patrones fenológicos característicos de una comunidad en estado sucesional avanzado. Para el caso del MS, tenemos que presentó el comportamiento fenológico característico de una zona perturbada, de manera que suponemos que sufrió perturbación y se encuentra todavía en estado de sucesión secundaria.

La relación filogenética de las familias estudiadas en el P.E.C.M tuvo efecto sobre la iniciación y el período de floración de algunas familias.

En general, se considera necesario hacer un estudio fenológico ya no sólo a nivel cualitativo sino cuantitativo y con un mayor número de especies para poder comprobar estas hipótesis.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, C. 1992. Condiciones de temperatura y precipitación en el SW del Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, U.N.A.M., México.
- Alvim, P. y Alvim, R. 1978. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. *En*: P.B Tomlinson y M.H. Zimmermann (eds.). **Tropical Trees as Living System**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 445-464.
- Anónimo. 1989. **Gaceta Oficial del D.D.F. Sexta Época**. Tomo II N° 26. México. 18 pp.
- Arriaga, V. 1991. Fenología de 12 especies de la montaña de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México. 95 pp.
- Baker, J. y Baker, Y. 1935. The seasons in a tropical rain forest (New Hebrides). **Botanical Journal Linneo Society**, 39:507-517.
- Baker, H. y Hurd, P. 1968. Intrafloral Ecology. **Annual Review of Entomology**, 13:385-414.
- Barradas, V. 1990. Las Plantas de la Ciudad. **Oikos: Boletín del Centro de Ecología**, 3:4.
- Bawa, K. 1983. Patterns of flowering in tropical plant. *En*: E. Jones y R.J. Little (eds.). **Handbook of Experimental Pollination Biology**. van Nostran Reinhold, Nueva York, pp. 394-410.
- Bawa, K., Ashton, P. y Nor, M. 1991. Reproductive ecology of tropical forest plants: management issue. *En*: K. Bawa y M. Hadley (eds.). **Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants**. Man and the Biosphere Series, The Parthenon, Londres, pp. 3-13.
- Beltrán, E. 1974. Parques Nacionales y Reservas Naturales. *En*: A. Rojo (ed.). **Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. U.N.A.M., México, pp. 343-369.
- Bonfil, C. 1995. Establecimiento, sobrevivencia y crecimiento de plántulas de dos especies de encinos en el Ajusco D.F. *En*: J. Marroquin (ed.). **Memorias del III Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos**. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., México, pp.350-365.
- Borchert, R. 1975. Endogenous shoot growth rhythms and indeterminate shoot growth in oak. **Physiology Plant**, 29:173-80.
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica**, 15:81-82.
- Borthwick, H. y Hendricks, B. 1960. Photoperiodism in plants. **Science**, 3435:1223-1228.
- Braun-Blanquet, J. 1928. **Plant Sociology: The Study of Communities** (traducción de Pflanzensoziologie). McGraw-Hill (1932). Nueva York. 631 pp.
- Brewer, R. 1994. **The Science of Ecology**. Saunders College Publishing, Nueva York. 771 pp.
- Bullock, S. y Bawa, K. 1982. Sexual dimorphism and the annual flowering patterns in *Jacaratian dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae) in a Costa Rica rainforest. **Ecology**, 62:1494-1504.
- Bullock, S. y Solis-Magallanes, A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. **Biotropica**, 22:22-35.
- Cabrera, G. 1995. Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, D.F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Cano-Santana, Z. y Meave, J. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. **Ciencias**, 41:58-68.
- Carabias, J. y Guevara, S. 1985. Fenología en una selva tropical húmeda y en una comunidad derivada, los Tuxtlas Veracruz. *En*: A. Gómez-Pompa y S. del Amo (eds.). **Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México**. Vol. II. INIREB-Alhambra, México, pp. 27-66.
- Castillo, A. 1981. Fenología de Dunas Costeras. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, pp. 1-16.

- Castillo, A. 1987. Periodos de foliación, floración y fructificación de 60 especies de dunas costeras del Morro de la Mancha, Veracruz. **Cuadernos de Ecología**. Núm.2. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Castillo, S. y Carabias, J. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: Fenología. **Biótica**, 7:551-568.
- Cortés, A., Arizabelo, R. y Rocha, R. 1989. Estudio hidrogeoquímico isotópico de manantiales de la Cuenca de México. **Geofísica Internacional**, 28:265-282.
- Crawley, M. 1986. **Plant Ecology**. Blackwell Scientific, Oxford, pp. 27-29.
- Croat, T. 1969. Seasonal Flowering Behaviour in Central Panama. **Annual of the Missouri Botanical Garden**, 56:295-307.
- Croat, T. 1975. Phenological behavior of habit and habit classes on Barro Colorado Islan (Panama Canal Zone). **Biotropica**, 7:270-77.
- Danserau, P. y Lems, K. 1957. The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. **Contributions d' Université de Montreal**, 71:1-52.
- Daubemire, R. 1972. Phenology and other characteristics of tropical semi-deciduos forest in north-western Costa Rica. **Journal of Ecology**, 60:147-170.
- Daubemire, R. 1979. **Ecología Vegetal: Tratado de Autoecología de plantas**. Limusa, México. 496 pp.
- Davies, S. 1976. Studies of the flowering season and fruit production of some arid zone shrubs and trees in Western Australia. **Journal of Ecology**, 64:665-687.
- Enciso de la Vega, S. 1979. Las lavas de Pedregal. **Ciencia y Desarrollo**, 25: 89-93.
- Equihua, M. y Benítez, G. 1989. **Árboles y Flores del Ajusco**. Publicaciones del Instituto de Ecología, Museo de Historia Natural, México. 182 pp.
- Evans, L. 1975. **Daylength and Flowering of Plants**. Benjamin, Menlo Park, California. 122 pp.
- Ewusie, Y. 1980. Periodicity in Tropical Populations. **En: Elements of Tropical Ecology**. Heinemann Press, Nairobi, pp. 68-84.
- Ezcurra, E. 1990. **De las Chinampas a la Megalopolis: el Medio Ambiente en la Cuenca de México**. Fondo de Cultura Económica, S.E.P, México. 117 pp.
- Faegri, K. y van der Pijl, L. 1979. **Principles of Pollination Ecology**. Pergamon Press. Oxford. 244 pp.
- Feinsinger, P. 1983. Coevolution and pollination. **En: D. Futuyama y M. Slatkin (Eds.). Coevolution**. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, pp. 282-310.
- Flint, H. 1974. Phenology and Genecology of Woody Plants. **En: Helmut Lieth (Ed.). Ecological Studies. Analysis and Synthesis. Phenology and Seasonality Modeling**. Spriger-Verlag, Nueva York. 444 pp.
- Ford, H. 1979. Interspecific competition in Australian honeyeaters-depletion of common resources. **Australian Journal Ecology**, 4:145-64.
- Frankel, R. y Galun, E. 1977. **Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding**. Springer-Verlag, Berlín. 281 pp.
- Frankie, G., Baker, H. y Opler, P. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowland in Costa Rica. **Journal of Ecology**, 62:881-913
- Frankie, G., Baker, H. y Opler, P. 1974. **Plant Phenology: Aplicaciones for Studies in Community Ecology**. Springer-Verlag, Berlín, pp. 287-296.
- García, E. 1981. **Modificaciones al Sistema Climático de Koeppen (para Adaptarlo a las Condiciones Climáticas de la República Mexicana)**. Instituto de Geografía, U.N.A.M., México. 246 pp.
- Gautier-Hion, A. 1991. Interactions among fruit and vertebrate fruit-eaters in a African Tropical Rain Forest. **En: K. Bawa y M. Handley (eds.). Reproductive Ecology of Tropical Plants**. Man and the Biosphere Series, The Parthenon, Londres. pp. 219-230.
- Gentry, A. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, 6:64-8.

- German, T. 1986. Estructura y organización del herbario. Administración y manejo de colecciones técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. *En:* A. Lot y F. Chiang (eds.). **Manual de Herbario**. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., México, pp. 11-101.
- Gómez-Pompa, A. 1994. El biólogo y la conservación. Mesas redondas sobre la contribución de diversas profesiones a la conservación de los recursos naturales renovables. *En:* A. Rojo (ed.). **Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM, México, pp. 343-369.
- González, B. 1996. Estudio florístico y de vegetación de la Reserva Ecológica Lomas del Seminario, Ajusco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México. 107 pp.
- Grubb, P. 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Review*. **52**:107-145.
- Hallé, R. 1978. Elements of tree architecture. *En:* **Tropical Trees and Forest an Architectural Analysis**. Springer-Verlag, Berlín, pp. 61-68.
- Heinrich, B. 1976. Flowering phenologies: bog, woodland and disturbed habitats. *Ecology*, **57**:890-899.
- Heinrich, B. y Raven, P. 1972. Energetics and pollination ecology. *Science*, **176**:597-602.
- Hendriks, R. 1995. **Restoration of Biodiversity. The Ajusco Area, México, D.F.** Wageningen Agricultural University-Universidad Nacional Autónoma de México, México. 18 pp.
- Hernández, H. y Carreón, Y. 1987. Notas sobre la ecología reproductiva de árboles en un bosque mesófilo de montaña en Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **47**:23-35.
- Herrera, J. 1986. Flower and fruiting phenology in the coastal shrublands of Doñana, South Spain. *Vegetatio*, **68**:91-98.
- Herrera, A. y Almeida, L. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la Reserva del Pedregal de San Angel. *En:* A. Rojo (ed.). **Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM, México, pp. 83-90.
- Hilty, S. 1980. Flower and fruiting periodicity in a Premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica*, **12**: 292-306.
- Hopp, R. 1974. Plant phenology observations networks. *En:* Lieth (ed.). **Ecological Studies. Analysis and Synthesis. Phenology and Seasonality Modeling**. Spriger-Verlag, Nueva York, pp.25-43.
- Howe, H. y Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review Ecological Systems*, **13**:201-28.
- Howe, H. y Westley, F. 1986. Ecology of pollination and seed dispersal. *En:* M. Crawley (ed.). **Plant Ecology**. Blackwell Scientific, Oxford, pp. 185-215.
- Imaz, M. 1991. El hábitat urbano de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México.
- Instituto de Astronomía. 1993. **Anuario del Observatorio Astronómico Nacional**. U.N.A.M., México, pp. 20-22.
- Instituto de Astronomía. 1994. **Anuario del Observatorio Astronómico Nacional**. U.N.A.M., México, pp.191-193.
- Jackson, M. 1966. Effect of microclimate on spring flowering phenology. *Ecology*, **47**: 407-413.
- Janzen, D. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*, **21**:620-637.
- Jordan, W. , Gilpin, M. y Aber, J. 1987. **Restoration Ecology: Ecological Restoration as Technique for basic research**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-21.
- Jones, B. 1987. **Sistemática Vegetal**. McGraw Hill, México. 275 pp.

- Kevan, P. 1978. Floral coloration, its colorimetric analysis and significance in anthecology. *En:* A. Richards (ed.). **The Pollination of Flowers by Insects**. Academic Press, Nueva York, pp. 51-78.
- Kochmer, J. y Handel, S. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. **Ecological Monographs**, 56: 303-325.
- Koptur, S., Haber, W., Frankie, G. y Baker, H. 1988. Phenological studies of shrub and tree species in tropical cloud forest of Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, 4:323-346.
- Krebs, C. 1994. **Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Harper Collins. Nueva York, pp. 474-481.
- Lang, A. 1965. Phenology of flower initiation . *En:* W. Ruhland (ed.). **Encyclopedia of Plant Physiology**. Springer-Verlag, Berlín, pp. 1380-1536.
- Levin, A. y Anderson, W. 1973. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. **American Naturalist**, 104:455-467.
- Lieberman, D. 1982. Seasonality and Phenology in a dry tropical forest in Ghana. **Journal of Ecology**, 70:791-806.
- Lieth, H. 1973. Phenology in productivity studies. *En:* D. Richle (ed.). **Analysis of Temperate Forest Ecosystems**. Vol. 1. Springer-Verlag, Nueva York, pp. 29-46.
- Lieth, H. 1974. **Phenology and Seasonality Modeling. Ecological Studies: Analysis and Synthesis**. Vol. 8. Springer-Verlag, Nueva York. 444 pp.
- Lugo, H. 1984. **Geomorfología del Sur de la Cuenca de México**. Instituto de Geografía, U.N.A.M., México. 95 pp.
- Martínez-Balleste, A. 1995. Aspectos poblacionales de *Salvia mexicana* L. en condiciones constantes en el Ajusco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 14-20.
- Matleucci, S. y Colma, A. 1982. **Metodología para el estudio de la Vegetación**. O.E.A, Washington, D.C., 167 pp.
- Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V. y Valiente-Banuet, A. 1994. Observaciones Fenológicas en el Pedregal de San Ángel. *En:* A. Rojo (ed.). **Reserva Ecológica del "Pedregal" de San Ángel. Ecología, Historia Natural y Manejo**. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, pp. 91-105.
- Meeuse, B. 1961. **The Story of Pollination**. Ronald Press, Nueva York. 243 pp.
- Monasterio, M. y Sarmiento, G. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savannah and semideciduous forest of the Venezuela llanos. **Journal of Biogeography**, 3:325-356.
- Morellato, P. y Leitao-Filho, H. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, 28:180-191.
- Mosquin, T. 1971. Competition for pollinator as a stimulus for the evolution of flowering time. **Oikos**, 22:348-402.
- Mosser, F. 1994. Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México. *En:* A. Rojo (ed.). **Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. Facultad de Ciencias, U.N.A.M, México, pp. 123-127.
- Mott, J. y Comb, A. 1974. The role of photoperiod and temperature in controlling the phenology of three annual species from an arid region of western Australia. **Journal of Ecology**, 63:633-641.
- Nieto, C. 1985. **Catálogo de la flora útil de la Sierra del Ajusco**. S.A.R.H. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 17 pp.
- Njoku, E. 1964. Seasonal Periodicity in the growth and development of some forest trees in Nigeria. **Journal of Ecology**, 51:617-624.
- Opler, P., Frankie, G. y Baker, H. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, 3:231-36

- Opler, P., Frankie, G. y Baker, H. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 68:167-188.
- Percival, M. 1974. Floral ecology of coastal scrub in Southeast Jamaica. *Biotropica*, 6:104-129.
- Pickett, S. y White, P. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Nueva York.
- Primack, R. 1987. Relations among flowers, fruits and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18:409-430.
- Proctor, M. y Yeo, P. 1973. *The Pollination of Flowers*. Collins, Londres. 418 pp.
- Proctor, M. 1973. Insect pollination syndromes in an evolutionary and ecosystemic context. *En: A. Richards (ed.). The Pollination of Flowers by Insects*. Academic Press, Nueva York. 280 pp.
- Pulido, P. y Koch, S. 1992. *Guía ilustrada de las plantas del cerro de Tetzcutzingo*. Instituto de Biología, UNAM. México. 150 pp.
- Putz, F. y Windsor, D. 1987. Liana phenology on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 46: 334-341.
- Pyke, G. y Waser, N. 1981. On the production of dilute nectars by hummingbird and honeyeater flowers. *Biotropica*, 13:260-270.
- Pyke, G. 1983. Seasonal pattern of abundance of honeyeaters and their resources in heathland areas near Sydney. *Australian Journal Ecology*, 8:217-33.
- Rabinowitz, D., Rapp, J., Sork, V., Rathcke, B., Reese, G. y Weaver, J. 1981. Phenological properties of wind- and insect pollinated prairie plants. *Ecology*, 62:49-56.
- Ratcke, B. y Lacey, E. 1985. Phenological Patters of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology Systematics*, 16:179-204.
- Raunkier, C. 1934. *The Life Forms of Plants and Statical Plant Geography*. Clavedon Press. Oxford.
- Reader, R. 1982. Variation in the flowering data of transplanted ericaceous herbs in relation to their flowering season. *Journal of biogeography*, 10:47-64.
- Real, L. 1983. *Pollination Biology*. Academic Press. Londres. 388 pp.
- Rivero, M. 1991. Aspectos sobre biología reproductiva en dos comunidades del sur de Chile. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- Rojo, A. 1987. Microambiente y fenología de especies arbóreas de la selva en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 1-9.
- Ros, A. 1983. Fenología de una comunidad secundaria derivada de una selva alta perennifolia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 78 pp.
- Ruiz, T. 1976. Estrategias y aspectos fenológicos de árboles y arbustos, trepadores y hemiparásitos de un bosque caducifolio secundario tropical. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Angel. *Annales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. I.P.N., México, 8:59-129.
- Rzedowski, J. 1988. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 pp.
- Rzedowski, G. y Rzedowski, J. 1979. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 2. Continental, México. 614 pp.
- Sánchez-Sánchez, O. 1984. *La flora del Valle de México*. Herrero, México. 519 pp.
- Schmitter, E. 1994. Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Angel. *En: A. Rojo (ed.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. U.N.A.M., México. pp. 123-127.
- Smith-Ramírez, C. y Armesto, J. 1994. Flowering and fruiting patterns in the temperate rainforest of Chiloe, Chile: ecologies and climatic constrains. *Journal of Ecology*, 82: 353-365.

- Smythe, N. 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a tropical forest. *American Naturalist*, **104**: 25-35.
- Snow, D. 1966. A possible selective factor in the evolution of fruiting species in a tropical forest. *Oikos*, **15**: 274-281.
- Soberón, J., De la Maza, R., Hernández, A., Bonfil, C. y Careaga, S. 1991. **Reporte técnico final del primer año del proyecto "Restauración Ecológica de Lomas del Seminario"**. Centro de Ecología y Coord. General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, D.D.F., México. 70 pp.
- Sobrevila, C. 1978. Ecología reproductiva de un bosque montañoso siempre verde de Venezuela. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Stiles, G. 1977. Coadapted competitors: the flowering seasons of hummingbird-pollinated plants in a tropical forest. *Science*, **198**: 1177-1178.
- Sutherland, S. 1986. Patterns of fruit-set: what controls fruit-flower ratios in plant. *Evolution*, **40**:117-128.
- Toledo, V. 1975. La estacionalidad de las floras utilizadas por colibríes de una selva tropical húmeda de México. *Biotropica*, **7**:63-74.
- van Dorp, D. 1985. Frugivoría y dispersión por aves. *En*: A. Gómez-Pompa y S. del Amo (eds.). **Investigaciones sobre la Regeneración de las Selvas Altas en Veracruz, México**. Vol. 2. INIREB-Alhambra, México,
- Vasek, F. y Saver, R. 1971. Season progression of flowering in *Clarkia* sp. *Ecology*, **53**:1038-45.
- Vázquez, E. y Jaimes, R. 1989. Geología de la Cuenca de México. *Geofísica Internacional*, **28**:133-190.
- Waddington, K. 1983. Foraging behavior of pollinators. *En*: L. Real (ed.). **Pollination Biology**. Academic Press, Orlando, pp. 213-239.
- Waser, N. 1978. Competition for hummingbird and sequential flowering in two Colorado wildflowers. *Ecology*, **59**:934-944.
- Waser, N. 1983. The adaptative nature floral traits: ideas and evidence. *En*: L. Real (ed.). **Pollination Biology**. Academic Press, Orlando, pp. 241-285.
- Whitehead, D. 1983. Wind pollinations: some ecological and evolutionary perspectives. *En*: L. Real (ed.). **Pollination Biology**. Academic Press, Orlando. pp. 97-107.
- Wyatt, R. 1983. Pollinator-Plant interactions and evolution of breeding systems. *En*: L. Real (ed.). **Pollination Biology**. Academic Press, Orlando. pp. 51-95.

Anexo 1. Síndromes de polinización (Baker y Hurd, 1968; Faegri y van der Pijl, 1979; Pyke y Waser ,1981; Wyatt, 1983)

SÍNDROME	AGENTE POLINIZADOR	ANTESIS	COLOR	OLOR	FORMA DE LA FLOR	PROFUNDIDAD DE LA FLOR	GUÍAS DE NÉCTAR	RECOMPENSAS
ANEMOFILIA	viento	día y noche	variable	ninguno	generalmente actinomórfica	ninguna	ninguna	ninguna
CANTAROFILIA	escarabajos	día y noche	generalmente variable o mate	fuerte fruta o aminoide	actinomórfica	plana o concava moderada	ninguna	polen, polinias
SAPROMIOFILIA	moscas estercoleras	día y noche	púrpura o verdoso	fuerte proteína descomposición	actinomórfica	ninguna o profunda si tiene trampas envolventes	ninguna	ninguna
MIOFILIA	abejorros círtidos	día y noche	variable	variable	generalmente actinomórfica	de ninguna a moderada	ninguna	ninguna o polen o néctar
MELITOFILIA	abejas	día y noche o diurnas	variables nunca rojo brillante	presente generalmente dulce	actinomórfica o cigomórfica	de ninguna a moderada	presente	néctar (41,6%) y polen, oculto o expuesto
ESPINGOFILIA	esfingidos palomillas	nocturna o crepuscular	blanco o de claro a verde	fuerte generalmente dulce	actinomórfica sujeta horizontalmente o pendiente	tubo estrecho profundo o acuñado	ninguna	néctar (21.1%) extendido oculto
PALAEENOFILIA	polillas nocturnas	nocturna o crepuscular	blanco o claro a verde	de moderado a fuerte dulce	actinomórfica sujeta horizontalmente o pendiente	tubo profundidad moderada	ninguna	néctar oculto
PSYCOFILIA	mariposas	día, noche o diurna	rojo brillante, amarillo o azul	de moderado a fuerte dulce	generalmente actinomórfica hacia arriba	tubo estrecho profundo o acuñado	presente	néctar (22.8%) oculto
ORNITOFILIA	aves	diurna	rojo brillante	ninguno	actinomórfica o cigomórfica	tubo profundo amplio o acuñado	ninguna	néctar extendido (25.4%) oculto
QUIROPTEROFILIA	murciélagos	nocturna	mate, o claro a verde	fuerte fermentado	actinomórfica o cigomórfica	forma de cepillo o tazón	ninguna	néctar extendido (18.9%) y polen extendido expuesto

Anexo 2. Síndromes de dispersión (Daubenmire, 1979; Danserau y Lems, 1957).

síndrome	agente dispersor	tipo de diáspora	características morfológicas
anemocoria	viento	pogonócoras	diásporas que presentan pelos o plumas
		esclerócoras	lo suficientemente pequeñas para ser transportadas por el viento
		pterócoras	presentan alas
zoocoria	animales	sarcócoras (endozoocoria)	frutos carnosos o con arilo, diásporas son tragadas y dispersadas en las heces
		desmócoras (epizoocoria)	presentan estructuras adheribles que se pegan al pelo o al plumaje del animal.
dispersión mecánica	fuerza de gravedad	barócoras	cuando se separan de la planta madre caen por su propio peso
	mecanismos de expulsión	balócoras	presentan diásporas explosivas que arrojan sus semillas

Anexo 3. Formas de crecimiento (Braun y Blanquet, 1932; Raunkiaer, 1934; Daubenmire, 1979; Brewer, 1982; Howe y Westley, 1986).

Forma de crecimiento	Características
herbáceas anuales	<p>Completan su ciclo de vida sin períodos de letargo entre la germinación y la formación de la semilla, se reproducen tempranamente, su descendencia es numerosa, no crecen muy altas cuando las condiciones climáticas son adversas presentando la semilla períodos de latencia, necesitan de micrositos específicos para reclutar</p>
herbáceas perennes	<p>Viven por un prolongado período, en las épocas desfavorables presentan períodos de letargo en los cuales se detiene el crecimiento vegetativo y la floración, presentan diversas estructuras de perennación: bulbos, cormos, rizomas, tubérculos, tallos rastreros, etc., estas estructuras son resistentes a herbívoros, patógenos naturales y al frío o al calor, crecen continuamente si el medio se los permite.</p>
árboles y arbustos	<p>Viven por muchos años, crecen continuamente si las condiciones ambientales son favorables, retardan la asignación de sus recursos a la reproducción hasta que hayan crecido lo suficiente para así asegurar su sobrevivencia por un largo período y en la estación que más les favorezca, las yemas de perennación se localizan en la parte aérea.</p>

Anexo 4. Especies compartidas en los sitios de muestreo.

Especies	bb1	bb2	bb3	bc	ms	mp
<i>Zephyrantes sessilis</i>	*					
<i>Viguiera linearis</i>	*					*
<i>Verbesina virgata</i>	*	*	*		*	*
<i>Verbena carolina</i>	*				*	*
<i>Trisetum virletti</i>				*		
<i>Talinum greenmanii</i>						*
<i>Tagetes tenuifolia</i>					*	*
<i>Stevia salicifolia</i>	*	*	*		*	*
<i>Smilax moranensis</i>		*				
<i>Senecio praecox</i>			*		*	*
<i>Senecio barba-johannis</i>			*	*		
<i>Senecio angulifolius</i>			*	*		
<i>Sedum oxypetalum</i>	*	*			*	*
<i>Sedum moranense</i>	*					*
<i>Sedum dendroideum</i>	*		*			
<i>Salvia microphylla</i>	*			*		
<i>Salvia mexicana</i>	*	*	*	*		*
<i>Salvia lavanduloides</i>	*					*
<i>Salvia elegans</i>	*			*		
<i>Reseda luteola</i>					*	*
<i>Prinosciadium thapsoides</i>	*				*	*
<i>Piqueria trinervia</i>					*	*
<i>Physalis stapeloides</i>						*
<i>Phaseolus anisotrichus</i>		*		*		*
<i>Penstemon roseus</i>	*	*	*		*	*
<i>Oxalis lunulata</i>	*	*	*		*	*
<i>Opuntia lasiacantha</i>					*	
<i>Opuntia tomentosa</i>					*	*
<i>Muhlenbergia macroura</i>	*				*	*
<i>Monnina xalapensis</i>		*				
<i>Matricaria chamomilla</i>						*
<i>Loeselia mexicana</i>	*				*	*
<i>Litsea glausenses</i>				*		

bb1: borde de bosque 1, bb2: borde de bosque 2, bb3: borde de bosque 3, bc: bosque cerrado, ms: matorral de *Sedum*, mp: matorral perturbado.

Anexo 4. (Continuación).

ESPECIE	bb1	bb2	bb3	bc	ms	mp
<i>Lamourouxia tenuifolia</i>	*					*
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i>						*
<i>Lamourouxia multifida</i>	*					
<i>Hypoxis mexicana</i>						*
<i>Hypopitis multiflora</i>				*		
<i>Gonolobus chrysanthus</i>	*	*	*			
<i>Galium praetermissum</i>			*	*		
<i>Fuchsia thymifolia</i>		*	*	*		
<i>Eupatorium pycnocephalum</i>	*		*			*
<i>Eupatorium petiolare</i>		*	*	*		
<i>Eupatorium pazcuarensis</i>		*	*	*		
<i>Eupatorium glabratum</i>	*	*	*		*	*
<i>Epicampes macroura</i>	*					*
<i>Dahlia rudis</i>	*					*
<i>Dahlia merckii</i>	*		*			
<i>Dahlia coccinea</i>	*	*	*		*	*
<i>Cyperus sesleroides</i>	*				*	*
<i>Cyperus flavus</i>						*
<i>Conopolis americana</i>				*		
<i>Commelina coelestis</i>	*				*	*
<i>Commelina alpestris</i>						*
<i>Cologinia biloba</i>			*			
<i>Castilleja tenuiflora</i>	*				*	*
<i>Calochortus barbatus</i>					*	
<i>Bromus exaltatus</i>					*	*
<i>Bouvardia ternifolia</i>	*	*			*	*
<i>Begonia gracilis</i>					*	*
<i>Avena fatua</i>					*	*
<i>Apium leptophyllum</i>	*					